



Maria Cléa Brito de Figueirêdo
Rubens Sonsol Gondim
Fernando Antonio Souza de Aragão
Editores técnicos

PRODUÇÃO DE MELÃO e mudanças climáticas

Sistemas conservacionistas de cultivo para redução
das pegadas de carbono e hídrica

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Produção de melão e mudanças climáticas

Sistemas conservacionistas de cultivo para redução das
pegadas de carbono e hídrica

*Maria Cléa Brito de Figueirêdo
Rubens Sonsol Gondim
Fernando Antonio Souza de Aragão*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Dra. Sara Mesquita 2.270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE - Caixa Postal 3761
Fone: (85) 3391-7100 - Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição

Embrapa Agroindústria Tropical

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente

Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva

Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa

Eveline de Castro Menezes

Membros

Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra, Luiz Augusto Lopes Serrano,

Marlon Vagner Valentim Martins, Guilherme Julião Zocolo

Rita de Cássia Costa Cid, Eliana Sousa Ximendes

Revisão de texto

Marcos Antônio Nakayama

Normalização bibliográfica

Rita de Cássia Costa Cid

Capa

Ana Elisa Galvão Sidrim

Editoração eletrônica

Arilo Nobre de Oliveira

1ª edição

1ª impressão (2017): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n. 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica / Maria Cléa Brito de Figueirêdo, Rubens Sonsol Gondim, Fernando Antonio Souza de Aragão, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

302 p. : il. color. ; 16 cm x 22 cm.

ISBN 978-85-7035-675-8

1. Gases de efeito estufa. 2. Pegada ambiental. 3. *Cucumis melo*. 4. Avaliação de ciclo de vida. I. Figueirêdo, Maria Cléa Brito de. II. Gondim, Rubens Sonsol. III. Aragão, Fernando Antonio Souza de. IV. Embrapa Agroindústria Tropical.

CDD 363.7

© Embrapa 2017

Autores

Aginaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, agnaldo.carvalho@embrapa.br

Alessandra Monteiro Salviano

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora na Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, alessandra.salviano@embrapa.br

Alexandre Campos Nunes

Engenheiro-agrônomo, Fortaleza, CE, cpnunes2@yahoo.com.br

Aline de Holanda Nunes Maia

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, aline.maia@embrapa.br

Amanda Soraya Freitas Calvet

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, bolsista DCR da Universidade de Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, CE, amandasmfc@gmail.com

Antonia Rosimeire da Cruz Silva Almeida

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, Mossoró, RN, agro_meirinha@hotmail.com

Antônio Pereira Filho

Biólogo, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, antonio.pereiraf@univasf.edu.br

Arthur Bernardes Cecílio Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, SP, rutra@fcav.unesp.br

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Engenheiro ambiental, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, carlos.pacheco-lima@embrapa.br

Carlos Wagner Castelar Pinheiro Maia

Administrador de empresas, mestre em Logística e Pesquisa Operacional, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, carlos.wagner@embrapa.br

Cássia Maria Lie Ugaya

Engenheira mecânica, doutora em Engenharia Mecânica, professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, cassiaugaya@utfpr.edu.br

Cristhyan Alexandre Carcia de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Faculdade Meta, Rio Branco, AC, cristhyancarvalho@gmail.com

Ebenézer de Oliveira Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, ebenezer.silva@embrapa.br

Fabiane Machado Vezzani

Engenheira-agrônoma, doutor em Ciência do Solo, professora da Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, PR, vezzani@ufpr.br

Fernando Antonio Souza de Aragão

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Melhoramento Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, fernando.aragao@embrapa.br

Francisco Davi da Silva

Engenheiro-agrônomo, mestre em Genética e Melhoramento, Alegre, ES, daviagro@alu.ufc.br

Francislene Angelotti

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, francislene.angelotti@embrapa.br

Frederico Inácio Costa de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, CE, fred.inacio@hotmail.com

Gérffeson Thiago Mota de Almeida Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, Fortaleza, Ceará, gtmas@hotmail.com

Glauber Henrique de Sousa Nunes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, professor da Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, glauber@ufersa.edu.br

Ítalo Moraes Rocha Guedes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, italo.guedes@embrapa.br

João Alencar de Sousa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, joao.alencar@embrapa.br

Jony Eishi Yuri

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, jony.yuri@embrapa.br

Juan Waldir Mendoza Cortez

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, Jaboticabal, SP, invic64@hotmail.com

Juscimar da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, juscimar.silva@embrapa.br

Laíse Ferreira de Araújo

Engenheira-agrônoma, doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, laiseferreiradearaujo@gmail.com

Leilson Costa Grangeiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, leilson@ufersa.edu.br

Lindbergue Araujo Crisostomo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Química Agrícola e Solos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, lindbergue.crisostomo@embrapa.br

Márcio Gledson Oliveira da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, Mossoró, RN, m_gledson@yahoo.com.br

Marcos Brandão Braga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, marcos.braga@embrapa.br.

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Analista de sistemas, doutora em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, clea.figueiredo@embrapa.br

Maria Zuleide de Negreiros

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, professora da Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, zuleide@ufersa.edu.br

Mariana Rodrigues Fontenelle

Bióloga, doutora em Microbiologia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, mariana.fontenelle@embrapa.br

Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura

Zootecnista, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, marilia.folegatti@embrapa.br

Marlos Alves Bezerra

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, marlos.bezerra@embrapa.br

Mônica da Silva Santana

Bióloga, mestre em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, monica_ssantana@hotmail.com

Nivaldo Duarte Costa

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, nivaldo.duarte@embrapa.br

Nuno Rodrigo Madeira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Olericultura, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, nuno.madeira@embrapa.br

Pedro Felizardo Adeodato de Paula Pessoa

Administrador de empresas, mestre em Economia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, pedro.pessoa@embrapa.br

Rubens Sonsol Gondim

Engenheiro-agrônomo, doutor em Recursos Hídricos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, rubens.gondim@embrapa.br

Sheila da Silva Brandão

Bióloga, mestre em Engenharia Agrícola, Juazeiro, BA, shbrandaocf@hotmail.com

Tayane de Lima Santos

Tecnóloga em Gestão Ambiental, doutoranda em Engenharia Civil/
Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE,
tayanedelimasantos@gmail.com

Valdívia de Fátima Lima de Sousa

Engenheira-agrônoma, doutoranda em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, Valdívia_sousa@hotmail.com

Vanderlise Giongo

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, vanderlise.giongo@embrapa.br

Viviane da Silva Barros

Engenheira-agrônoma, doutora Fitotecnia, Fortaleza, CE,
vivianebarros1@hotmail.com

Apresentação

O melão possui importância econômica estratégica para a região Nordeste do Brasil, sendo competitivo pela qualidade dos frutos e por seu ciclo reduzido. O cultivo se concentra nessa região principalmente devido às condições edafoclimáticas favoráveis.

Por outro lado, o aquecimento global pode comprometer a sustentabilidade da produção de melão nessa região, devido ao aumento na temperatura que já é elevada no Nordeste brasileiro. Com efeito, ocorrendo o aumento da temperatura previsto, a evapotranspiração demandará maior aporte de água, recurso cada vez mais escasso em um ambiente de baixa precipitação e demanda crescente, pelo crescimento da população, indústria e agricultura.

Além disso, a sociedade e, por conseguinte, as grandes empresas varejistas de alimentos vêm ampliando a cobrança por medidas eficazes que reduzam as emissões de gases de efeito estufa na produção, privilegiando a agricultura de baixo carbono. Desse modo, aumenta a responsabilidade ambiental dos produtores agrícolas de melão às políticas restritivas das cadeias de suprimento de frutas. Portanto, a adoção de ações voltadas à melhoria do desempenho ambiental do melão brasileiro, com redução das pegadas de carbono e hídrica, será de grande relevância para a maior competitividade do melão brasileiro no cenário de mudanças climáticas globais.

Nesse contexto, este livro aborda alternativas tecnológicas direcionadas ao momento atual de mudanças climáticas e ao fortalecimento da cultura do meloeiro, identificando medidas adaptativas à produção e que reduzam a pegada de carbono.

A Embrapa Agroindústria Tropical sente-se honrada em disponibilizar a presente obra à sociedade brasileira, com o firme propósito de contribuir para o aprimoramento tecnológico e sustentabilidade da cultura do melão na região Nordeste do Brasil.

Lucas Antonio de Sousa Leite

Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

Prefácio

O Nordeste do Brasil responde por 95% da produção nacional de melão. Nos últimos anos, os principais polos de produção têm sido o Jaguaribe-Açu (≈ 467 mil toneladas por ano), que envolve a região de Mossoró e se localiza na divisa dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, e o Submédio do Vale do São Francisco (≈ 64 mil toneladas por ano), situado na divisa dos estados da Bahia e Pernambuco.

O melão produzido na região Nordeste é competitivo pela qualidade dos frutos e por seu ciclo reduzido (≈ 60 dias), quando comparado com Espanha e França (≈ 120 dias), permitindo até três safras por ano. O semiárido brasileiro apresenta elevados níveis de radiação solar, altas temperaturas (máximas $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) e baixo índice de precipitações (700 mm a 800 mm anuais, distribuídos em três ou quatro meses do ano).

Diante da ameaça do aquecimento global e da necessidade de alternativas tecnológicas para a redução das pegadas de carbono e hídrica, que poderiam comprometer o desempenho da produção agrícola no Nordeste brasileiro, este livro apresenta resultados de 5 anos de pesquisas conduzidas pela Embrapa Agroindústria Tropical, Embrapa Semiárido e Embrapa Hortaliças, em parceria com a Universidade Federal do Semiárido (Ufersa), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S.A. (Emparn) e Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), com financiamentos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Embrapa. Experimentos e pesquisas de dados foram realizados em fazendas produtoras de melão e em estações experimentais nos principais polos de produção de melão, Jaguaribe-Açu e Submédio do Vale do São Francisco, com vistas a determinar os sistemas de cultivo que propiciem melhor produção e reduzida pegada de carbono.

O livro está organizado em quatro partes: 1 – Sistemas de produção de melão no Brasil; 2 – Mudanças climáticas: causas e impactos na produção de

melão; 3 – Pegada ambiental do melão: o que é e como avaliar; e 4 – Estratégias para redução da pegada ambiental do melão. A parte 1 apresenta os principais sistemas de produção de melão no Brasil, com um capítulo introdutório sobre as características gerais do meloeiro e do ambiente adequado ao cultivo de melão. Dois capítulos abordam os sistemas de cultivo predominantes nos principais polos de produção de melão do País (Jaguaribe-Açu e Submédio do Vale do São Francisco) e um capítulo final trata das necessidades nutricionais do meloeiro. A segunda parte tem dois capítulos, o primeiro apresenta as causas das mudanças climáticas e suas consequências na agricultura, e no segundo são discutidos os efeitos das mudanças climáticas na fisiologia e desenvolvimento do meloeiro. A parte 3 aborda a temática da pegada ambiental de produtos agrícolas, com dois capítulos focados em métodos e estudos de caso sobre pegada de carbono e hídrica na cultura do melão. Na última parte, os sistemas conservacionistas de cultivo de melão, com potencial de redução da pegada ambiental pelo uso da adubação verde, são detalhados em termos do estoque de carbono, produção e análise de viabilidade econômica dos sistemas propostos.

Enfim, os temas são abordados com o intuito de contribuir com políticas públicas de redução de emissões de gases de efeito estufa na agricultura, ampliação do estoque de carbono e melhoria na eficiência do uso da água. Também visam apoiar o produtor de melão na tomada de decisão sobre quais técnicas utilizar, visando à produção com baixa emissão carbono.

Os Editores

Sumário

PARTE 1

Sistemas de produção de melão no Brasil 15

Capítulo 1

A cultura do melão 17

Capítulo 2

Sistema convencional de produção de melão no Submédio do Vale do São Francisco 33

Capítulo 3

Sistema de produção de melão no polo agrícola Jaguaribe-Açu 45

Capítulo 4

Acúmulo e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de melão 77

PARTE 2

Mudanças climáticas: causas e impactos na produção de melão 99

Capítulo 1

Mudanças climáticas e agricultura 101

Capítulo 2

Cultivo do meloeiro em condições de elevados níveis de dióxido de carbono e de temperatura na atmosfera 117

PARTE 3

Pegada ambiental do melão: o que é e como avaliar..... 135

Capítulo 1

Avaliação da pegada ambiental de produtos 137

Capítulo 2

Pegada de carbono de produtos agrícolas: estudo de caso do melão Amarelo 165

Capítulo 3

Pegada hídrica de produtos agrícolas: estudo de caso do melão Amarelo 187

PARTE 4

Estratégias para redução da pegada ambiental do melão..... 211

Capítulo 1

Estratégias para uma agricultura de baixa emissão de carbono no cultivo de meloeiro..... 213

Capítulo 2

Sistema conservacionista de cultivo de melão utilizando coquetéis vegetais no Submédio São Francisco 231

Capítulo 3

Estoque de carbono no solo em sistemas convencional e conservacionistas de cultivo de melão no Polo Jaguaribe-Açu 255

Capítulo 4

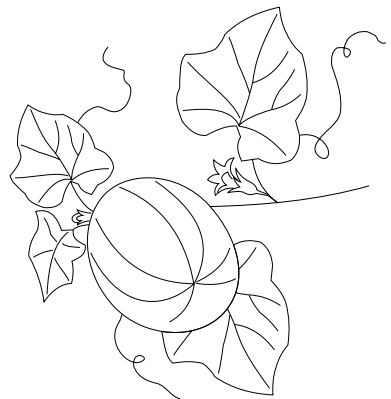
Sistemas conservacionistas de produção de melão em ambiente protegido..... 265

Capítulo 5

Viabilidade econômica de sistemas convencionais e conservacionistas de cultivo de melão no Polo Jaguaribe-Açu 283

PARTE • 1

Sistemas de produção de melão no Brasil



Capítulo • 1

A cultura do melão

Frederico Inácio Costa de Oliveira

Alexandre Campos Nunes

Francisco Davi da Silva

Gérffeson Thiago Mota de Almeida Silva

Fernando Antonio Souza de Aragão

Introdução

O fruto do meloeiro (*Cucumis melo* L.) é apreciado no mundo todo e, embora a planta seja botanicamente uma hortaliça, é comercializado como fruta. No Brasil, grande parte da produção concentra-se na região Nordeste, no Vale do São Francisco (Bahia e Pernambuco) e, principalmente, no Polo Jaguaribe-Açu (Ceará e Rio Grande do Norte), responsáveis por pelo menos 97% das exportações brasileiras, na última década (CELIN et al., 2014).

Com menor expressão no cenário nacional, na região Sul há um predomínio do cultivo de melão caipira em campo aberto e, no Sudeste, basicamente se cultivam melões nobres em ambientes protegidos. Adicionalmente, em todo o Brasil, principalmente no Nordeste e Sul, o cultivo de melão também é realizado pela agricultura familiar com o excedente comercializado localmente. Portanto, o cultivo de meloeiro no Brasil ocorre em diferentes sistemas de produção, com graus variáveis de tecnologia.

Neste capítulo, serão apresentadas características gerais do meloeiro e abordados os principais aspectos do cultivo de melão, independentemente da região produtora. Apresenta-se uma análise da importância econômica da cultura no Brasil e no mundo, a classificação botânica e comercial e os fatores climáticos importantes à produção do meloeiro. Ao final, pondera-se sobre os principais desafios relacionados à expansão da cultura de melão no Brasil.



Aspectos econômicos

O gênero *Cucumis* é um dos maiores da família Curcubitaceae, com 34 espécies (ALMEIDA, 2006). Dentre elas, *Cucumis melo* L. destaca-se como uma das economicamente cultivadas no Brasil (LOPES et al., 1999).

Em 2012, o melão foi a oitava fruta mais produzida no mundo (FAO, 2016) e, de acordo com Sousa et al. (2012), está entre as três principais frutas exportadas, alcançando mais de 1,8 milhão de toneladas por ano. No ano seguinte, a cultura atingiu área colhida de quase 1,34 milhão de hectares e produção aproximada de 32 milhões de toneladas (FAO, 2016). China, Irã, Turquia, Egito e Índia, os cinco maiores produtores, responderam por mais de 71% do total produzido naquele ano. O Brasil ocupou a nona posição, contribuindo com 1,8% da produção mundial (FAO, 2016).

A produção brasileira, no ano de 2014, foi de 589,9 mil toneladas de frutos, em uma área colhida de 21,99 mil hectares. Embora essa produção tenha sido superior à do ano anterior (565,9 mil toneladas), o valor da produção decresceu em relação ao mesmo ano (IBGE, 2016).

Todas as regiões do Brasil produzem melão, concentrando-se no Nordeste em torno 95% da produção nacional. Os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte destacam-se como os principais produtores nacionais de melão, contribuindo com 86,9% do percentual regional. Apesar de o Rio Grande do Norte ser o maior produtor do País, entre os anos de 2011 e 2012, apresentou aumento de apenas 0,7% na produção. No Ceará, nesse mesmo período, houve incremento superior a 50% na produção do fruto. Em 2014, a diferença de produção entre os dois Estados foi inferior a 5% (IBGE, 2016).

O Brasil vem experimentando um aumento crescente no volume de exportação dessa hortaliça, saltando de 98,7 mil toneladas em 2002 para mais de 223,8 mil toneladas em 2015 (BRASIL, 2016). Desde 2012, tem sido a fruta fresca com maior volume de exportação e a segunda em geração de divisas, exceto em 2013, quando também foi primeira em valor de exportação (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015). O valor exportado pelo País com a cultura do melão, no ano de 2015, superou os 154 milhões de dólares (BRASIL, 2016). Dessa quantia, o Estado do Ceará responde por mais de 60%, seguido do Rio Grande do Norte, que detém um pouco menos dos 40% restantes.



Classificação botânica e comercial

Origem

O meloeiro é uma espécie polimórfica, cujo centro de diversidade genética ainda não foi elucidado, precisamente. De fato, existem teorias que apontam desde a África até o oeste da Ásia, sendo levado da Índia para todas as regiões do mundo (BRANDÃO FILHO; VASCONCELOS, 1998; ROBINSON; DECKER-WALTER, 1997;). Considerando a origem dos melões sob o contexto da Pangeia e subsequente divisão nos atuais continentes, o que hoje é o sudoeste da África e a Índia peninsular podem ter sido o centro dessa diversidade antes do início da separação. Índia, Arábia e Irã podem ter sido vizinhos (MALLICK; MASSUI, 1986).

Portanto, o sudoeste da África e a região peninsular da Índia podem ser o local de origem do gênero *Cucumis*. A presença de tipos idênticos nessas regiões e em áreas adjacentes corrobora essa teoria. A ocorrência de plantas, de várias formas e em diferentes partes do mundo, pode ser resultado da disseminação nos diversos países por animais ou pelo homem.

Desse modo, é possível observar que as áreas especuladas como centro de origem do meloeiro são tropicais e com condições edafoclimáticas de regiões semiáridas, semelhantes às encontradas nos polos agrícolas da região Nordeste. Isso justifica parte do sucesso do cultivo e, conseqüentemente, do agronegócio do melão, nessa região do Brasil. Contudo, a produção brasileira de melão ainda tem desafios, sobretudo quanto à qualidade de frutos, provavelmente relacionada a um ciclo muito curto, e aos problemas fitossanitários, como a mosca-minadora e o oídio. Portanto, ainda apresenta problemas de adaptação.

Morfologia

O meloeiro é uma dicotiledônea, perene na natureza, sendo explorada como planta anual. O sistema radicular é superficial e praticamente sem raízes adventícias, tendo baixa capacidade de regeneração quando danificado. O caule é herbáceo, de crescimento rasteiro ou prostrado, provido de nós com gemas. A partir dessas gemas, desenvolvem-se gavinha, folha e novo caule ou ramificação. As folhas são de tamanho variável, alternadas, simples, ásperas, providas de pelos, limbo orbicular, reniforme, pentalobadas, com as margens denteadas



(Figura 1). Das axilas das gemas saem caules secundários que se espalham horizontalmente pelo chão ou verticalmente quando suportados por tutores. A partir desses caules secundários, podem surgir caules terciários (KIRKBRIDE, 1993; MCCREIGHT et al., 1993).

Ilustração: G. Severeys



B



Ilustração: Jean-Théodore Descourtilz

Ilustração: Henry Charles Andrews



Figura 1. Desenhos botânicos ilustrativos da arquitetura e das partes da planta de meloeiro.

Fonte A: Bourguignon (1892).

Fonte B: Descourtilz (1827).

Fonte C: Andrews (1807/1808).



As flores são amarelas e constituídas por cinco pétalas. O meloeiro possui flores imperfeitas (apenas um órgão sexual em uma flor) e perfeitas ou hermafroditas (órgãos masculino e feminino na mesma flor) em pontos diferentes da planta. As flores masculinas são produzidas em cachos contendo de 3 a 5 flores, enquanto as femininas ou hermafroditas são produzidas isoladas, geralmente em ramos secundários e terciários curtos. As masculinas aparecem primeiro, cerca de 7 a 10 dias antes, e em número muito maior que as femininas (KIRKBRIDE JUNIOR, 1993).

O fruto é uma baga carnuda (pepônio) de tamanho, aspecto, forma e cores variadas. Os frutos dos diversos grupos botânicos de melão variam quanto ao sabor (doce, picante, insípido), forma (redondo, oval, oblongo, comprido), comprimento, peso (0,6 kg a 2,5 kg), coloração da casca (creme, cinza, verde, amarelo, alaranjado e preto), textura da casca (lisa, verrugosa, rendilhada), intensidade do rendilhamento (intensa e saliente ou fina e superficial), linhas de sutura na casca (presença ou ausência), tipo de polpa (crocante e dissolvente), coloração da polpa (salmão ou alaranjada, clara, esverdeada) e aroma da polpa (inodoro, até intensamente almiscarado). Cada fruto produz de 200 a 600 sementes, dispostas simetricamente na parte interna da polpa tendo, em média, de 20 a 30 sementes por grama (MCCREIGHT et al., 1993).

Taxonomia

O melão pertence ao gênero *Cucumis*, subtribo Cucumerinae, tribo Melothriaceae, subfamília Cucurbitoideae, família Cucurbitaceae e espécie *Cucumis melo* L. Em meados do século 19, o botânico francês Charles Naudin considerou os melões existentes como variedades botânicas de *Cucumis melo*, entre as quais: *Cucumis melo* var. *cantaloupensis* Naud, *Cucumis melo* var. *reticulatus* Naud, *Cucumis melo* var. *inodorus* Naud, *Cucumis melo* var. *flexuosus* Naud (melões compridos), *Cucumis melo* var. *conomon* Naud (melões para pickles), *Cucumis melo* var. *chito* Naud (melão “manga”), *Cucumis melo* var. *dudaim* Naud (“melão de bolso”), *Cucumis melo* var. *agrestis* Naud (“melões pequenos, não comestíveis”). Essas variedades botânicas, descritas por Charles Naudin, são, atualmente, com pequena modificação, consideradas grupos, baseados nas características e uso dos frutos, não levando em conta regras taxonômicas de nomenclatura (ROBINSON; DECKER-WALTERS, 1997). Além desses, há citação de outras variedades botânicas como *Cucumis melo* var. *momordica* e *Cucumis melo* var. *saccharinus*.



Pela classificação de Robinson e Decker-Walters (1997), os melões cultivados pertencem a dois grupos botânicos:

– *C. melo* var. *inodorus* (inodoros e não climatéricos): frutos apresentam casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura. Por ser espessa e firme, a casca dessa variedade possui razoável resistência à compressão e perda de água, conferindo longa vida útil pós-colheita. A polpa apresenta elevado teor de açúcares, pode ter coloração variando entre branca e verde-clara e não é aromática. O peso médio dos frutos varia de 1 kg a 2 kg (BRASIL, 2003; MENEZES et al., 2000). Além disso, os frutos geralmente não se destacam do pedúnculo, quando maduros (FONTES; PUIATTI, 2005).

– *C. melo* var. *cantaloupensis* (aromáticos e climatéricos): frutos muito aromáticos, mais doces que os inodoros, porém de baixa conservação pós-colheita; possuem grande diversidade de coloração da polpa. Apresentam frutos esféricos, ligeiramente achatados, com polpa de espessura e cor variável. O peso médio dos frutos varia de 1 kg a 1,5 kg (BRASIL, 2003; COSTA; PINTO, 1977; MENEZES et al., 2000).

Comercialmente, os melões são divididos em “tipos”, facilitando a comunicação entre os diferentes agentes da cadeia do agronegócio do melão. No Brasil, os tipos mais comercializados (Figura 2) pertencem às variedades botânicas *inodorus* (Amarelo, Pele de Sapo e Honeydew) e *cantaloupensis* (Cantaloupe, Gália e Charentais) (ROBINSON; DECKER-WALTERS, 1997). A seguir, alguns aspectos característicos de cada grupo:

– Amarelo: tem origem espanhola e por isso é conhecido também como melão espanhol. Por ser mais rústico e ter ampla conservação pós-colheita, esse é o tipo mais cultivado para a produção em campo, no Brasil. É caracterizado por frutos com casca amarela e polpa branco-creme, e formato oval ou elíptico.

– Pele de Sapo: também de origem espanhola, apresenta frutos de casca verde com manchas verde-escuro, denomina escriturada, e polpa branco-esverdeada. Embora normalmente apresentem frutos grandes (>3,0 kg) e elípticos, recentemente começaram a aparecer no mercado algumas cultivares arredondadas e de menor peso, com menos de 2,0 kg (FONTES; PUIATTI, 2005). Junto com o Amarelo, são os tipos comerciais mais apreciados na Península Ibérica, Portugal e Espanha.

– Honeydew: de origem americana, agrupa cultivares de frutos arredondados ou ligeiramente elípticos, casca lisa, branca esverdeada



tornando-se creme quando o fruto está maduro, polpa verde-claro ou salmão, com alto teor de açúcares. O fruto pesa em torno de 2 kg. São mais tardios, têm a polpa mais firme e grossa, maior potencial de produção e suportam mais tempo no armazenamento. Fazem parte desse tipo as cultivares Green Flesh, Orange Flesh e Orange County, muito apreciadas no mercado americano (FONTES; PUIATTI, 2005).

– Cantaloupe: é de origem americana, sendo o mais produzido no mundo. Os frutos caracterizam-se pela forma arredondada, ligeiramente achatada, casca cor verde-clara com diferentes graus de rendilhamento, polpa de cor salmão e bastante aromática, quando madura. O peso do fruto varia de 0,7 kg a 1,2 kg (FONTES; PUIATTI, 2005; MENEZES et al., 2000).

– Gália: são melões aromáticos reticulados de origem israelense. Esses frutos caracterizam-se pela forma arredondada, casca verde-claro, tornando-se

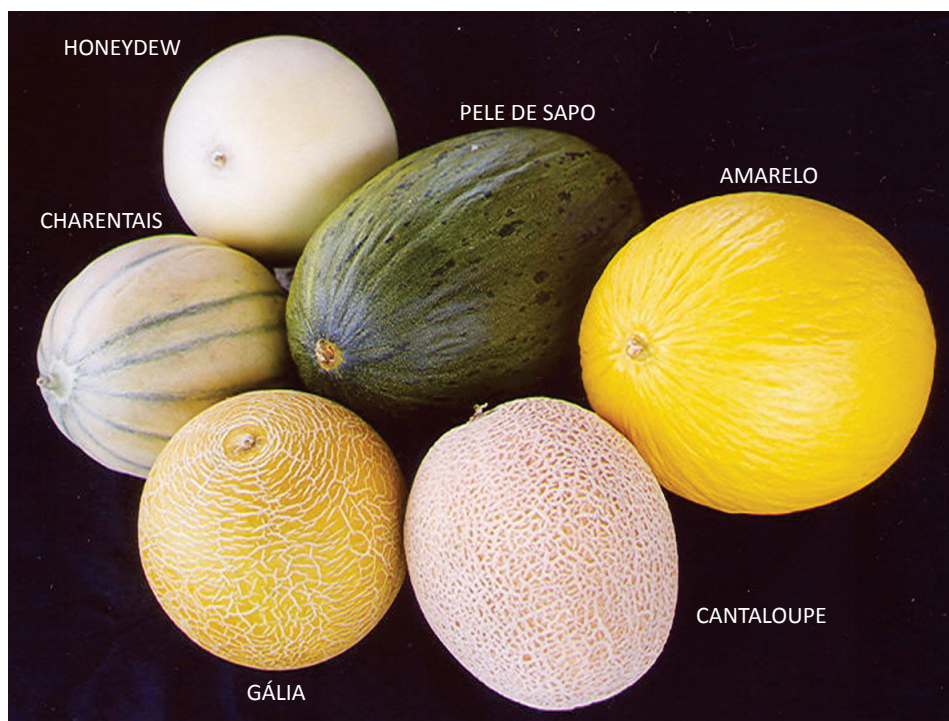


Foto: Cláudio Norões

Figura 2. Os tipos de melões mais comercializados no Brasil: *inodorus* (Amarelo, Pele de Sapo e Honeydew) e *cantaloupensis* (Cantaloupe, Gália e Charentais).



amarela na maturação, polpa branca ou branco-esverdeada, pouca reticulação e peso médio entre 0,7 kg e 1,3 kg (MENEZES et al., 2000). Esse melão alcança excelente cotação comercial na Europa.

– Charentais: inclui melões aromáticos de origem francesa e são bastante populares na Europa, exceto na Península Ibérica. Nesse tipo, encontram-se melões com a casca lisa ou gomos rendilhados, verde-acinzentada com leves suturas longitudinais de cor verde escura. A polpa é firme, doce e, geralmente, de cor salmão. Fruto é globular ou, às vezes achatado, com peso variando de 0,6 kg a 1,0 kg (FONTES; PUIATTI, 2005).

Adicionalmente, existem alguns tipos de melão menos cultivados, dentre os quais, pode-se destacar: melão caipira, melão pepino e melão japonês (MOREIRA et al., 2009). O melão caipira ou melão gaúcho (*cantaloupensis*) é cultivado por pequenos agricultores do Rio Grande do Sul, apresenta casca de verde a amarelo-clara, lisa gomada a levemente reticulada, polpa salmão e formato de esférico a elíptico. O melão pepino ou pepinet (*momordica*) é encontrado em quase todo o País e é alongado de polpa branca e casca verde, a qual racha quando amadurece. Já o melão japonês ou *net melon* (*cantaloupensis*), cultivado na região Sudeste, sobretudo em São Paulo, em ambiente protegido, apresenta frutos esféricos com casca verde clara, intensamente reticulados e polpa salmão.

Fatores climáticos

Temperatura

O clima exerce influência significativa na produção e qualidade do melão. Dentre os fatores climáticos que afetam diretamente o meloeiro, a temperatura parece ser a que influencia mais no desenvolvimento da cultura.

A temperatura é limitante da germinação à colheita, além de afetar a conservação pós-colheita do fruto, apresentando faixas ótimas nos diferentes estádios de desenvolvimento. Na germinação, verifica-se que há decréscimo na porcentagem e na velocidade de germinação com a redução da temperatura (Tabela 1), sendo a temperatura mais favorável a situada entre 25 °C a 35 °C. Para o crescimento vegetativo, temperaturas abaixo de 12 °C e acima de 40 °C prejudicam o desenvolvimento vegetal. As baixas temperaturas paralisam o crescimento e as altas temperaturas promovem alta respiração, ambas prejudicando o desenvolvimento normal da planta (CRISÓSTOMO et al., 2002).



Tabela 1. Relação entre temperatura, porcentagem de germinação e tempo para emergência das plântulas de melão.

Temperatura (°C)	Germinação (%)	Tempo (dias)
10	0	-
15	42	7,5
20	97	4,0
25	100	2,0
30	98	2,0
35	100	2,0
40	99	2,0

Fonte: Brandão Filho e Vasconcelos (1998).

A faixa ótima de temperatura para melhor crescimento e produção durante todo ciclo do meloeiro situa-se entre 25 °C e 35 °C. Em baixas temperaturas (15 °C a 20 °C), a ramificação do meloeiro é prejudicada, resultando em plantas pouco desenvolvidas (OHARA et al., 2000; SILVA et al., 2003). Com relação à temperatura do solo, Brandão Filho e Vasconcelos (1998) registraram a temperatura de 14 °C como a condição mínima, e a de 40 °C como a máxima para o bom desenvolvimento radicular, sendo a temperatura de 34 °C a ideal para o desenvolvimento das radicelas.

A temperatura também tem papel fundamental no processo de florescimento. Temperaturas elevadas, acima de 35 °C, estimulam a formação de flores masculinas que também sofrem influência de outros fatores ambientais como água, luz e nutrientes, principalmente o nitrogênio (PEDROSA, 1997). Por outro lado, a expressão de flores femininas é favorecida pelas condições de baixa temperatura, suprimento adequado de nitrogênio, fotoperíodo curto e altas irradiação e umidade. Esses fatores promovem maior síntese de carboidratos, influenciando os níveis de hormônios endógenos, como etileno, auxina e ácido giberélico (ROBINSON; DECKER-WALTERS, 1997).

Além da influência no florescimento, a temperatura também influencia a visita das flores pelos agentes polinizadores. Os insetos polinizadores desenvolvem sua atividade mais intensamente em temperaturas que variam de 21 °C a 39 °C, sendo considerada ideal a faixa de 28 °C a 30 °C (PEDROSA, 1997).



Temperaturas excessivamente altas ($> 40^{\circ}\text{C}$) além de prejudicarem a polinização das flores, provocando a queda dessas e de frutos novos (FONTES; PUIATTI, 2005), podem produzir queimaduras dos mesmos, assim, afetando negativamente a qualidade da produção, chegando, em casos extremos, a decompor a polpa do melão (MAROTO, 1995).

Luminosidade

Os processos da fotossíntese (síntese de substâncias orgânicas mediante a fixação do gás carbônico do ar por meio da ação da radiação solar) e da transpiração (processo de perda de água da superfície da planta) são responsáveis pela produção e uso de água da planta e dependem das condições ambientais e características da planta (TAIZ; ZAIGER, 2010). Como o meloeiro é muito exigente em luminosidade durante todo o ciclo (PEDROSA, 1997), a duração e a intensidade luminosa são fatores decisivos a serem considerados na escolha da área para o cultivo dessa hortaliça. Silva et al. (2003) mencionam que a redução da intensidade luminosa ou o encurtamento do período de iluminação têm influência negativa no crescimento da planta, com redução da área foliar. Assim, todos os fatores que afetam a fotossíntese também afetam a produção e a qualidade dos frutos do meloeiro.

Umidade relativa do ar

O meloeiro é pouco exigente em umidade e, portanto, regiões com elevados índices pluviométricos dificultam o cultivo dessa hortaliça. A umidade relativa do ar ótima situa-se na faixa de 65% a 75%, durante a fase de crescimento vegetativo (BRANDÃO FILHO; VASCONCELLOS, 1998). Condições de umidade do ar elevada promovem a formação de frutos de má qualidade e propiciam a disseminação de doenças na cultura. Os melões produzidos nessas condições são pequenos e de sabor inferior, geralmente com baixos teores de açúcares, devido à ocorrência de doenças fúngicas, que causam queda de folhas.

Demanda hídrica por estágio fenológico

O estágio juvenil compreende o período que vai da semeadura até as plantas atingirem cerca de 10% de cobertura do solo. Na região Nordeste, dependendo da cultivar, época de plantio e do manejo do solo e da água, esse estágio pode variar de 18 a 28 dias. Irrigações em excesso nesse estágio podem favorecer a maior incidência de doenças de solo, enquanto a deficiência de água pode prejudicar a germinação (NEGREIROS; MEDEIROS, 2005).



O plantio deve ser realizado preferencialmente em solo úmido. Caso necessário, a lâmina de irrigação a ser aplicada, antes da semeadura, deve ser o suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo, nos primeiros 20 cm de profundidade do solo. Dependendo do tipo e da umidade inicial do solo, a lâmina líquida a ser aplicada para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, nessa profundidade, varia entre 7 mm e 14 mm para solos de textura grossa e entre 15 mm e 30 mm para os de texturas média e fina. Para formação do bulbo molhado, a lâmina total deve ser fracionada e aplicada durante 2 a 3 dias, fazendo-se duas irrigações por dia, no caso de solos arenosos, e uma por dia para solos argilosos. Após a emergência e durante a primeira semana, as irrigações devem ser leves e frequentes, procurando manter a umidade da camada superficial do solo (0 cm a 10 cm) próxima à capacidade de campo (CRISÓSTOMO et al., 2002). Depois, é recomendado diminuir a frequência das irrigações para permitir aprofundamento do sistema radicular. Caso haja necessidade de aumentar o diâmetro molhado na superfície, deve-se aumentar a profundidade molhada.

O segundo estágio, o vegetativo, compreende o período entre o estabelecimento inicial da cultura e o início de pegamento de frutos. Na região Nordeste, essa fase se estende até 38 a 45 dias após a semeadura, sendo em função da época do plantio, do tipo de plantio, do tipo comercial e da cultivar. A deficiência moderada de água no início dessa fase favorece o desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior intervalo entre irrigações e melhoria na eficiência da absorção de nutrientes (NEGREIROS; MEDEIROS, 2005). Limitações no desenvolvimento vegetativo das plantas, resultantes da ocorrência de deficits hídricos moderados, têm pequeno efeito na produção, desde que o suprimento de água no estágio de frutificação seja adequado. Além disso, deficits hídricos moderados no início do florescimento favorecem o maior aparecimento de flores femininas, todavia, sua continuação pode proporcionar abortos.

O estágio de frutificação, que vai do pegamento dos frutos até o início da maturação, é o mais crítico quanto à deficiência de água no solo. O manejo inadequado da irrigação nesse estágio afeta a produtividade e a qualidade de frutos. A deficiência de água reduz o pegamento e tamanho de frutos, comprometendo a produtividade, enquanto o excesso favorece a ocorrência de doenças, como podridões do colo da planta e de frutos (PEDROSA, 1997). Prolongados períodos de deficiência hídrica seguidos de irrigação em excesso podem causar danos fisiológicos, como rachadura de fruto. Nesse estágio, a



necessidade hídrica da cultura é máxima e a umidade do solo deve permanecer próxima à capacidade de campo.

O último estágio corresponde à maturação dos frutos e compreende o período entre o início da maturação de frutos (5 a 10 dias antes da primeira colheita) e a última colheita. Nesse estágio, há uma sensível redução do uso de água pelas plantas (20% a 30%). Irrigações excessivas prejudicam a qualidade de fruto, reduzindo o teor de sólidos solúveis e a conservação. As irrigações devem ser paralisadas ou reduzidas cerca de 1 a 3 dias antes da última colheita para solos arenosos, e 2 a 5 dias para solos de texturas média e fina (PEDROSA, 1997).

Desafios para o cultivo do melão no Brasil

Vale ressaltar que a produção comercial de melão no Brasil passou a ter expressão apenas a partir da década de 1970, quando passou a ser cultivado o melão ‘Valenciano Amarelo’, com vida de prateleira suficiente para que a produção fosse efetuada no Pará e o consumo nos estados do Sul e Sudeste. Após esse período, foram lançadas as cultivares da série da Cooperativa Agrícola de Cotia (MAKISHIMA, 1991), seguido do lançamento da cultivar Eldorado-300 pela Embrapa (CNPQ e CPATSA) (PESSOA et al., 1988).

Quando o cultivo passou a ser efetutado no Nordeste brasileiro, tornou-se possível colher até três safras/ano. Cultivares e híbridos introduzidos nessa região para substituir a cultivar Valenciano Amarelo mostraram o ciclo vegetal encurtado, tornando-se precoces. Entretanto, essa precocidade, contabilizada como vantagem, pode ser responsável por uma menor qualidade do fruto (CRISÓSTOMO; ARAGÃO, 2014).

A produção de frutos com maiores teores de sólidos solúveis é alcançada por meio de cultivares com amadurecimento tardio, cultivo em baixa temperatura noturna e um desenvolvimento vigoroso da planta (PEDROSA et al., 1999). A produção e a qualidade do fruto ainda são prejudicadas por problemas de origem fitossanitária, como vírus, fungos, bactérias e, principalmente, pragas (mosca-minadora e mosca-branca). Além desses aspectos, os melões aromáticos, que têm menor período de conservação pós-colheita, necessitam de uma cadeia de frios (MENEZES et al., 2000).

Embora as condições brasileiras, sobretudo no Semiárido, sejam favoráveis ao cultivo do meloeiro, existem problemas de adaptação que ainda



não foram completamente contornados, como resistências a pragas e doenças e, principalmente, em termos dos teores de sólidos solúveis alcançados nos frutos, em comparação com outros países produtores de melão. Nos demais países produtores, essa adaptação já foi superada porque há muito tempo o melão vem sendo melhorado para aquelas condições de cultivo. Nesses locais, os esforços já passaram a ser mais concentrados em resistência a pragas e doenças, com inúmeros exemplos de sucesso na seleção ou na transferência dessas resistências (DOGIMONT; BOISSOT, 2016; OUMOULOUD et al., 2013). No Nordeste brasileiro, é necessário que além da melhor adaptação às condições de cultivo em altas temperaturas, intensidade luminosa e comprimento do dia, os desafios contemplem a resistência a pragas e doenças e qualidade de frutos (CRISÓSTOMO; ARAGÃO, 2014).

Esse cenário é ainda mais característico no polo Juazeiro-Petrolina, provavelmente, pela menor adoção de tecnologias modernas pela maioria dos produtores de melão, embora, nos últimos anos, mudanças nesse sentido têm sido observadas. Por outro lado, muitos dos desafios do cultivo do meloeiro já foram superados no Polo Jaguaribe-Açu, justamente por utilizar a vanguarda das tecnologias para o cultivo do meloeiro, inclusive pela presença de grandes companhias transnacionais de sementes, com estações experimentais na região.

Referências

- ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006. v. 2, p. 326
- ANDREWS, H. C. **The botanist's repository**, v. 8, t. 548, 1807/1808.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2015. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2015. 108 p.
- BOURGUIGNON, M. L. **Revue Horticole Journal d'Horticulture Pratique**, v. 64, serie 4, 1892.
- BRANDÃO FILHO, J. V. T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A. Cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UESP, 1998. Cap. 6, p. 161-193.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **AliceWeb: Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior**. 2016. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2016.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola. **Melão**. Brasília, DF, 2003. 12 p. (FrutiSéries. Ceará, 2).



CELIN, E. F.; PASTORI, P. L.; NUNES, G. H. S.; ARAGÃO, F. A. S. Agronegócio brasileiro do melão na última década. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 53., 2014, Palmas. **Anais...** Palmas: ABH, 2014.

COSTA, C. P. D.; PINTO, C. A. B. P. **Melhoramento de hortaliças**. Piracicaba: ESALQ, 1977.

CRISÓSTOMO, J. R.; ARAGÃO, F. A. S. Melhoramento genético do meloeiro. In: VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTI, J. J. V. (Org.). **O melhoramento genético de plantas no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. p. 209-245.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; HAJI, B. V.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. de A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2002. 21 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular técnica, 14).

DESCOURTILZ, M. E. **Flore médicale des Antilles**, v. 5, t. 321, 1827.

DOGIMONT, C.; BOISSOT, N. Insect resistance in melon and its modification by molecular breeding. In: EZURA, H.; ARIIZUMI, T.; GARCIA-MAS, J.; ROSE, J. **Functional genomics and biotechnology in solanaceae and cucurbitaceae crops**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2016. p. 199-219, 265 p. (Biotechnology in agriculture and forestry).

FAO. **FAOSTAT**, 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 25 jan. 2016.

FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M. Cultura do melão. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. Cap.26. p. 407-428.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**: Agropecuária: Produção Agrícola Municipal. 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=1&i=P&e=I&c=1612>> Acesso em: 5 fev. 2016.

KIRKBRIDE JUNIOR, J. H. **Biosystematics monograph of the genus *Cucumis* (Cucurbitaceae): botanical identification of cucumbers and melons**. North Carolina: Parkway, 1993. 159 p.

LOPES, J. F.; CARVALHO, S. I. C.; PESSOA, H. B. S. V. Recursos genéticos de melão e pepino na Embrapa Hortaliças. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R., (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA / Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1999.

MAKISHIMA, N. Situação da pesquisa com cucurbitáceas no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 102-103, 1991.

MALLICK, M. F. R.; MASSUI, M. Origin, distribution and taxonomy of melons. **Scientia Horticulture**, v. 28, n. 1, p. 251-261, 1986.

MAROTO, J. V. **Horticultura herbácea especial**. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 611 p.



MENEZES, J. B.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MAIA, C. E.; ANDRADE, G. G.; ALMEIDA, J. H. S.; VIANA, F. M. P. Características do melão para exportação. In: ALVES, R. E. (Org.). **Melão: pós-colheita**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 2000. p. 13-22. (Frutas do Brasil, 10).

MCCREIGHT, J. D.; NERSON, H.; GRUMET, R. Melon, *Cucumis melo* L. In: KALLOS, G.; BERGH, B.O. (Ed.). **Genetic improvement of vegetable crops**. New York: Pergamon, 1993.

MOREIRA, S. R.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; TRANI, P. E.; NARITA, N. **Melão (*Cucumis melo* L.)**. Campinas: IAC, 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/melao/index.htm>. Acesso em: set. 2015.

NEGREIROS, M. Z. de; MEDEIROS, J. F. de. **Produção de melão no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2005. 110 p.

OHARA, T.; KJIMA, A.; WACO, T.; ISHIUCHI, D. Vegetables, ornamental and tea. **Bulletin of the National Research Institute of Tokyo**, Tokyo, n. 15, p. 63-69, 2000.

OUMOULOUD, A.; EI-OTMANI, M.; CHIKH-ROUHOU, H.; GARCÉS CLAVER, A.; GONZÁLEZ TORRES, R.; PERL-TREVES, R.; ÁLVAREZ, J. M. Breeding melon for resistance to Fusarium wilt: recent developments. **Euphytica**, v. 192, n. 2, p. 155-169, 2013.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. Mossoró: ESAM, 1997. 50 p. Apostila.

PESSOA, H. B. S. V.; AVILA, A. C.; DELLA VECCHIA, P. T.; ARAUJO, J. P.; OLIVEIRA, L. O. B. Eldorado 300: melão resistente ao vírus do mosaico da melancia WMV-1. **Horticultura Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 40-41, 1988.

ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS, D. S. Evolution and exploitation. In: ROBINSON, R. W.; DECKER-WALTERS, D. S. (Ed.). **Curcubis**. New York: CAB International, 1997. Cap. 2, p. 35.

SILVA, H. R. da; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H. R. da; COSTA, N. D. (Ed.). **Melão: produção aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2003. cap. 5, p. 23-28.

SOUSA, M. A.; ANDRADE, J. W. S.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Análise econômica de dois híbridos de melão rendilhado, cultivados em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, p. 41-50, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5.ed. Sunderland: Sinauer, 2010. 782 p.

Capítulo • 2

Sistema convencional de produção de melão no Submédio do Vale do São Francisco

Nivaldo Duarte Costa

Jony Eishi Yuri

Vanderlise Giongo

Francislene Angelotti

Introdução

O Nordeste é a região de maior produção de melão no País. Nos estados de Pernambuco e Bahia, a produção concentra-se no Submédio do Vale do São Francisco, destacando-se os municípios de Juazeiro, Sobradinho e Curaçá, na Bahia, e Floresta, Santa Maria da Boa Vista, Petrolina, Petrolândia e Orocó, em Pernambuco (Figura 1). A produção média da região, em 2013, foi de 53.841 t, em uma área de 2.459 hectares, com rendimento de 22 t ha⁻¹ (IBGE, 2015).

O Submédio do Vale do São Francisco apresenta uma área de 155.637 km² e abrange 25 municípios da Bahia e 59 municípios de Pernambuco (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 2015), estendendo-se da cidade de Remanso até Paulo Afonso, na Bahia. A região está situada em zona de clima tropical semiárido, entre 9° e 10° de latitude Sul. A temperatura média, máxima e mínima anual é de 26,4 °C, 31,7 °C e 20,6 °C, respectivamente. Os meses mais quentes são outubro e novembro, e os mais frios são junho e julho. A precipitação média anual é de 567 mm. A estação chuvosa se concentra entre os meses de fevereiro a maio (TEIXEIRA, 2001; 2010).

As classes de solo irrigáveis predominantes no Submédio do Vale do São Francisco são Vertissolos, Argilossos, Latossolos e Cambissolos, com relevo plano a ondulado e vales abertos (BRASIL, 1973). De maneira geral, essas classes de solo se caracterizam por serem pouco profundos, suscetíveis à erosão, apresentam altas taxas de infiltração, baixa retenção de umidade e baixa fertilidade (CUNHA et al., 2008).

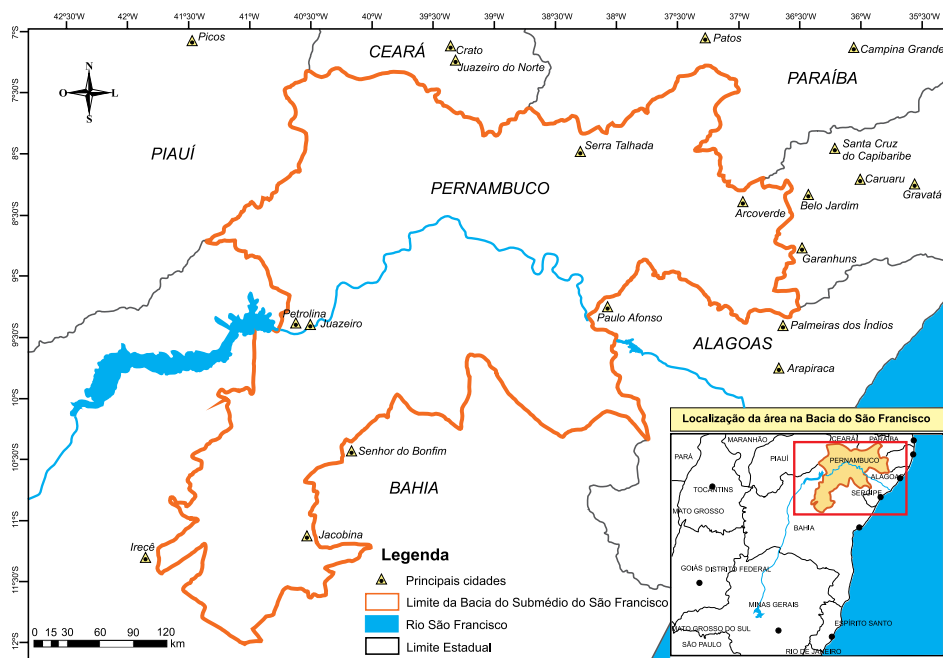


Figura 1. Principais municípios produtores de melão no Submédio do Vale do São Francisco.

Fonte: IBGE (2015).

Sistema de cultivo de melão no Submédio São Francisco

A introdução do meloeiro no Submédio São Francisco ocorreu na década de 1960. Nessa época, a produtividade média obtida era de aproximadamente $6,5 \text{ t ha}^{-1}$, e a cultivar utilizada era a Valenciano Amarelo, de polinização aberta, o método de irrigação utilizado era por sulco, e pouco se conhecia em termos de nutrição mineral de plantas e de controle fitossanitário.

Dessa época para os dias atuais, constata-se que o sistema convencional de produção de melão no Submédio São Francisco passou por grandes modificações. Atualmente, predominam os melões do tipo Amarelo (90% da área cultivada) e em pequena escala os tipos Pele de Sapo e Honeydew. Destaca-se também o uso de sementes de híbridos F_1 , que apresentam como vantagens altas produtividades (chegando a 60 t ha^{-1}), frutos de melhor aparência



e qualidade, e melhor preço na comercialização. Até poucos anos atrás, 90% de toda semente utilizada correspondia a híbridos F_2 , muito inferiores em termos de produção e qualidade de frutos. Ocorreram mudanças também no método de irrigação, passando de sulco para gotejamento. Estima-se que a maior parte da área de produção de melão da região já esteja utilizando esse método. Com o advento da irrigação por gotejamento, foi possível associar a técnica da fertirrigação e do uso de *mulching* (cobertura de solo com filme plástico) na maioria das propriedades de produção de melão.

O cultivo do melão do Submédio São Francisco é praticado majoritariamente por pequenos produtores. Tanto nas áreas de colonização dos perímetros irrigados quanto em pequenas propriedades nas margens do Rio São Francisco ou de seus afluentes, a área média das unidades produtivas de melão é da ordem de três hectares (ARAÚJO et al., 2008).

O destino da produção do melão do Submédio São Francisco é o mercado interno. Grandes centros urbanos da região Nordeste (ex.: Recife e Salvador) e os principais centros consumidores de produtos hortifrutícolas do País (ex.: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília) recebem produção dessa região.

O cultivo do meloeiro na região pode ser feito durante o ano todo. Evitam-se, porém, as épocas de chuvas intensas, que ocorrem de dezembro a abril, pois há redução da produtividade. A seguir, detalham-se algumas práticas utilizadas nessa região, por etapa de cultivo.

Preparo do solo

O cultivo de meloeiro tem sido realizado, normalmente, em canteiros que podem ser confeccionados com a própria grade niveladora, a qual deve ser regulada deixando-a com o eixo dianteiro em posição mais alta que o eixo traseiro (bastando, para isso, alongar o braço do terceiro ponto do hidráulico do trator) ou com o rotoencanteirador. Normalmente, o canteiro apresenta largura de 0,80 m a 1,10 m no topo, e de 1,20 m a 1,50 m na base, com altura de 0,20 m a 0,30 m, sendo levemente arredondado para facilitar a instalação da cobertura plástica (*mulching*).

O preparo das linhas de plantio depende do sistema de irrigação a ser utilizado no cultivo. No caso de sistema de irrigação por gotejamento, predominante na região do Submédio São Francisco, faz-se a marcação dos sulcos de plantio no espaçamento de 2,0 m a uma profundidade de 0,20 m,



seguida da adubação de fundação (base), ao longo dos sulcos. Os adubos são incorporados manualmente, com tração animal ou por meio de equipamentos mecanizados.

Quando o cultivo é desenvolvido no período chuvoso ou quando o solo não tem boa drenagem, faz-se o levantamento de canteiros visando possibilitar uma melhor drenagem da água, evitando a proliferação de doenças causadas por fungos e bactérias. Os canteiros também melhoram a aeração do solo na zona das raízes e reduzem as perdas de frutos por apodrecimento.

No caso de sistema de irrigação por sulcos (muito menos utilizado), efetua-se o sulcamento da área no espaçamento de 2,0 m, seguido da marcação e abertura das covas com espaçamento de 0,30 m a 0,50 m, onde é depositada a adubação de fundação (NEGREIROS et al., 2005).

Uso de *mulching*

Atualmente, grande número de produtores de melão está utilizando a cobertura de solo (*mulching*). Essa técnica possibilita economia de água e de capinas, além de proteger o fruto contra o ataque de microrganismos e insetos que podem ocasionar o apodrecimento ou danos mecânicos.

A técnica do *mulching* consiste em cobrir os canteiros com um filme plástico (Figura 2), com tratamento antiultravioleta. Pode ser de cor preta, marrom, amarela, prata ou branca na face superior, e preta na face inferior. O importante é impedir a penetração dos raios solares, desfavorecendo a germinação das plantas daninhas (Figura 3). O filme de cor branca tem a vantagem de absorver menos radiação no verão. O filme de cor prateada, além de absorver menos radiação, tem a vantagem de repelir insetos, principalmente os pulgões.



Foto: Jony Eishi Yuri

Figura 2. Aplicação mecanizada de *mulching* plástico.



Foto: Jony Eishi Yuri



Figura 3. Cultivo de melão com *mulching* plástico.

Plantio

Na região do Submédio São Francisco, a cultura do meloeiro é estabelecida por meio da semeadura direta, onde são depositadas duas a três sementes em pequenas covas abertas com um bastão com a ponta levemente afilada a uma profundidade de 2 cm a 3 cm. Essa técnica pode ser utilizada tanto para as variedades de polinização aberta quanto para os híbridos F_1 . A semeadura direta pode ser realizada também diretamente em canteiros ou nos sulcos (Figura 4). De acordo com o espaçamento estabelecido, utiliza-se de 10 mil a 25 mil sementes por hectare. Para as cultivares híbridas, utiliza-se apenas uma semente por cova, em virtude dos altos preços e percentual germinativo das sementes. Antes do plantio, aplica-se uma lâmina de água suficiente para umedecer o solo, até a profundidade de 40 cm.

Em condições adequadas de temperatura e umidade do solo, a germinação das sementes inicia-se três a quatro dias após a semeadura. O replantio é feito até, no máximo, sete dias após a semeadura.

Outra forma de cultivo que vem sendo adotada na região é o plantio por mudas (Figura 4), utilizado principalmente no caso de híbridos F_1 . Nesse caso, as mudas são produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 128 células, semeando uma



semente por célula de 1,0 cm a 1,5 cm de profundidade. A quantidade de sementes utilizadas para o plantio de um hectare varia em função do espaçamento e do poder germinativo das sementes. Após a semeadura, as bandejas são colocadas em viveiros e o transplântio das mudas é efetuado em torno de 10 dias após a semeadura. Os espaçamentos comumente utilizados na região são de 2,0 m entre linhas e 0,20 m a 0,50 m entre plantas, com uma planta por cova, perfazendo-se uma população de 10 mil a 25 mil plantas por hectare.

Além dos fatores climáticos, é importante levar em conta a variação estacional de preços do produto e o mercado a que se destina a produção, no momento da escolha da época de plantio. Os plantios realizados de dezembro a abril apresentam produtividade reduzida em consequência das condições climáticas desfavoráveis, ocorrendo incidências de doenças foliares e do fruto, causadas, principalmente, pelo excesso de chuvas. É, entretanto, nessa época que o melão apresenta os melhores preços no mercado interno, registrando alta de preços de março a julho.

Foto: Nivaldo Duarte Costa



Figura 4. Abertura das covas de plantio em cultivo de meloeiro.



Irrigação e fertirrigação

Por proporcionar maior produtividade e frutos de melhor qualidade, a irrigação do meloeiro, no Submédio São Francisco tem passado a ser realizada, principalmente, por gotejamento. Nesse sistema, água e nutrientes são aplicados no volume de solo ocupado pelo sistema radicular da cultura, sem que a parte aérea e a faixa entre fileiras de plantas sejam molhadas. As principais vantagens são economia de água e de mão de obra, boa eficiência de aplicação da água e a possibilidade de fertirrigação (Figura 5). A principal restrição é o maior custo de implantação do sistema de irrigação.

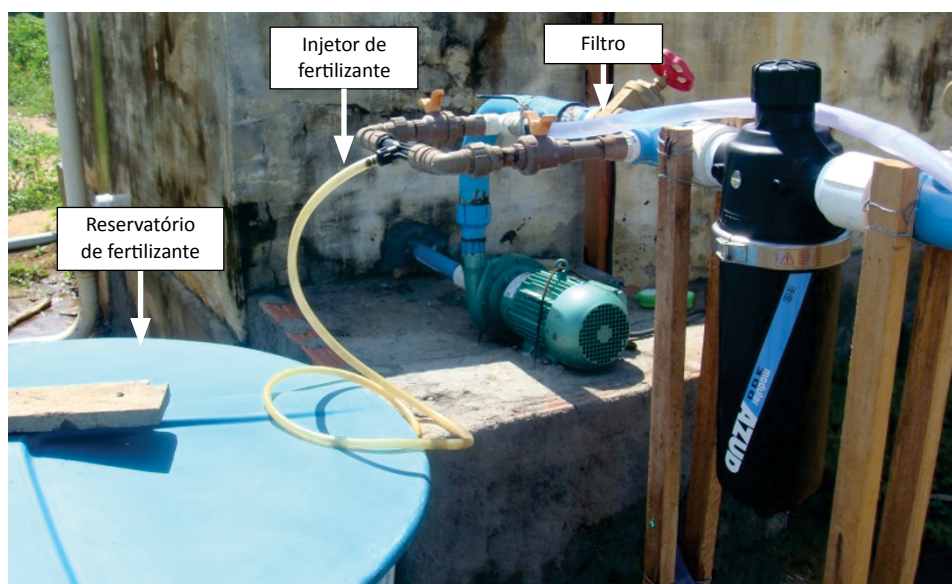


Foto: Jony Eishi Yuri

Figura 5. Cabeçal de controle do sistema de irrigação por gotejamento, com dispositivos para a fertirrigação.

A fertirrigação permite a melhor distribuição da aplicação dos fertilizantes ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, aumentando sua eficiência e reduzindo os custos de mão de obra. As quantidades de fertilizantes a serem aplicadas são definidas de acordo com os resultados da análise do solo, sendo calculadas em função dos teores de nutrientes e da fase fenológica da cultura. De modo geral, para um solo de fertilidade média, em adubação de fundação são adicionados 600 kg ha⁻¹ do formulado (NPK) 06-24-12. Na cobertura, via fertirrigação, são aplicados os nutrientes conforme a Tabela 1.



Tabela 1. Doses de nutrientes e percentagem de aplicação em função do ciclo, aplicados via fertirrigação, no cultivo do meloeiro, na região do Submédio do Vale do São Francisco.

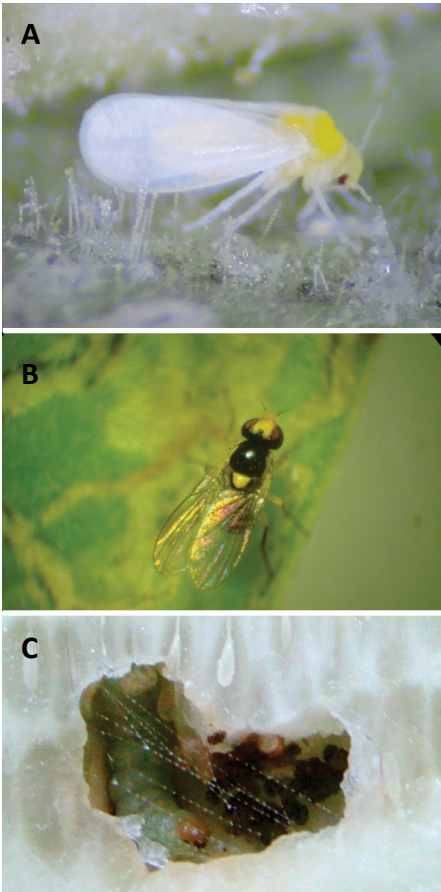
Nutriente/Dose ⁽¹⁾	Ciclo (dias)							
	1-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-49	50-56
----- Percentagem dos fertilizantes -----								
N (120 kg ha ⁻¹)	5	10	20	20	20	10	10	5
K ₂ O (180 kg ha ⁻¹)	5	5	15	10	20	20	20	5
Ca (35 kg ha ⁻¹)	0	0	10	25	25	20	20	0
P ₂ O ₅ (180 kg ha ⁻¹)	10	25	30	25	10	0	0	0
Mg (10 kg ha ⁻¹)	0	0	10	25	25	20	20	0

⁽¹⁾Utilizar fertilizantes solúveis em água.
Fonte: adaptado de Sousa et al. (2011).

Controle fitossanitário

As principais pragas que ocorrem na cultura do meloeiro da região do Submédio São Francisco são: mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B), mosca-minadora (*Liriomyza trifolii*) e broca-das-cucurbitáceas (*Diaphania nitidalis*) (Figura 6). Quanto às pragas secundárias, destacam-se o pulgão (*Aphys gossypii*), vaquinha (*Diabrotica speciosa*), *Diaphania hyalinata*, lagartas-do-meloeiro (*Trichoplusia ni*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), percevejo (*Leptoglossus*) e ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*). O controle dessas pragas é efetuado por meio de pulverizações com defensivos agrícolas registrados para a cultura do meloeiro.

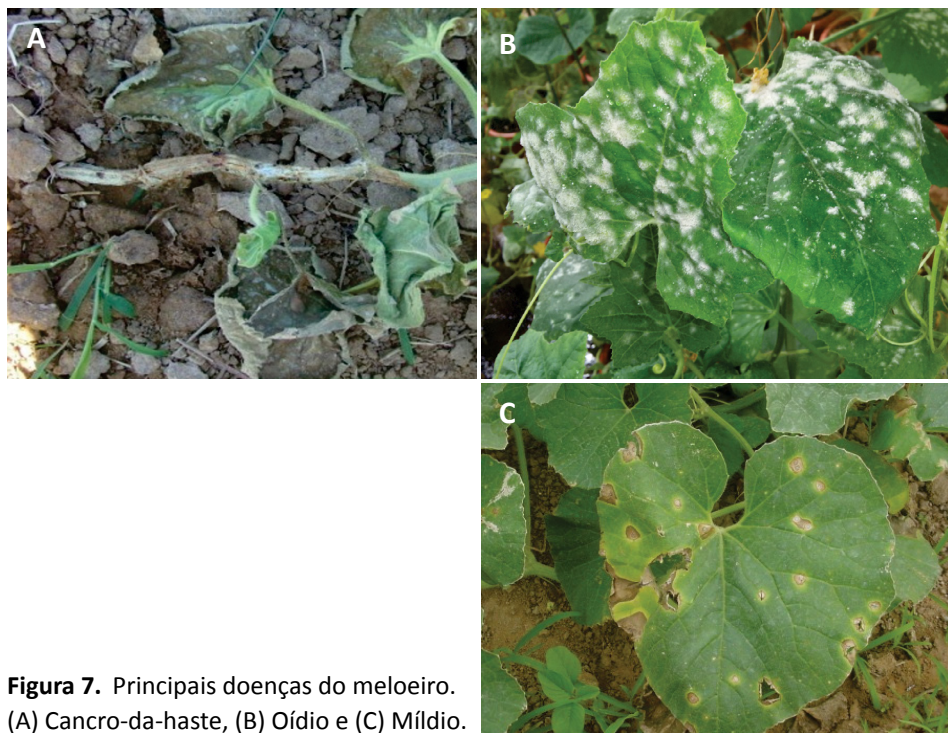
Figura 6. Principais pragas do meloeiro. (A) Mosca-branca, (B) Mosca-minadora e (C) Broca-das-cucurbitáceas.



Fotos: Tiago C. da Costa Lima



Com relação às principais doenças do meloeiro causadas por fungos no Submédio do São Francisco, destacam-se: cancro-das-hastes ou crestamento-gomoso ou podridão-de-microsferela (*Dydimella bryoniae*), podridão-do-colo (*Macrophomina phaseolina*), oídio (*Podosphaera xanthii*), míldio (*Pseudoperonospora cubensis*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum*) (Figura 7). As principais doenças causadas por bactérias e vírus são: mancha-aquosa ou mancha-bacteriana-do-fruto (*Acidovorax avenae* subsp. *citrullii*), vírus-da-mancha-anelar-do-mamoeiro (*papaya ringspot vírus-type watermelon* – PRSV-w), vírus-do-mosaico-amarelo-da-abobrinha (*zucchini yellow mosaic virus* – ZYNV), vírus-do-mosaico-da-melancia (*watermelon mosaic virus* – WMV), vírus-do-mosaico-do-pepino (*cucumber mosaic virus* – CMV) e vírus-associado-ao-amarelão-do-melão (*melon yellowing-associated virus* – MYaV). No caso de nematoides, destaca-se o *Meloidogyne incognita*.



Fotos: Pedro Martins Ribeiro Júnior

Figura 7. Principais doenças do meloeiro. (A) Cancro-da-haste, (B) Oídio e (C) Míldio.



O combate das doenças causadas por fungos, bactérias e nematoides é realizado por meio de pulverizações com fungicidas, bactericidas e nematicidas registrados para a cultura do meloeiro, enquanto as doenças causadas por vírus não têm controle, sendo feito o controle dos insetos vetores (pulgão, tripses, mosca-branca e outros) ou *roguing*.

Colheita e embalagem

A colheita é realizada em torno de 70 dias após a semeadura. É feita manualmente, com auxílio de uma faca ou tesoura de poda afiada. Os frutos apresentam peso médio variando de 1,5 kg a 2,5 kg por fruto, com sólidos solúveis totais entre 11 °Brix a 12 °Brix e produtividade média de 22 t ha⁻¹ (Figura 8).

Foto: Nivaldo Duarte Costa



Figura 8. Padrão comercial do melão tipo Amarelo.

As tarefas que compõem o processo de beneficiamento do melão destinado ao mercado interno são: classificação pelo tamanho, limpeza, lavagem, colocação das etiquetas nos frutos e embalagem em caixas de papelão, com capacidade para 13 kg (Figura 9).

Vale salientar que todo o processo de beneficiamento do melão é realizado pelos intermediários regionais, na própria área de produção. Eles levam para as propriedades os instrumentos de classificação, os trabalhadores que vão executar as atividades do beneficiamento, bem como todo material necessário para o processo, tais como: caixa para embalagem e seus complementos,



etiquetas com a marca da empresa do intermediário, produtos químicos para proteção do pedúnculo do fruto, entre outros (ARAÚJO et al., 2008).



Foto: Nivaldo Duarte Costa

Figura 9. Frutos de melão embalados.

Frente às mudanças climáticas, alterações no sistema de produção convencional de melão serão de extrema importância para que ela continue sendo sustentável. Dentre essas alterações, deve ser priorizado o uso de: i) *mulching* com plástico branco e opaco, que permita reduzir a temperatura do solo e do ar próximo às plantas; ii) adubação verde (incorporada ou não), pois melhora as características químicas e físicas dos solos, reduz a temperatura, promove menor perda de água no solo e contribui para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa; iii) irrigação por gotejamento com fertirrigação, que é mais eficiente no uso da água e fertilização do solo.

Considerações finais

No Submédio do Vale do São Francisco, a produção de melão é uma das atividades mais importantes, tanto do ponto de vista econômico quanto social, apresentando crescimento significativo nos últimos anos. Para que isso se consolide, os segmentos que formam a cadeia produtiva precisam estar atentos às transformações do mercado nacional. Nesse contexto, torna-se relevante a adoção de novos padrões tecnológicos na produção com o intuito de tornar a cultura mais competitiva, priorizando a sustentabilidade. Nesse contexto, o uso de novas tecnologias aplicadas de forma correta propiciará incremento na



produtividade e melhoria na qualidade dos produtos colhidos na região, com conservação ambiental.

Referências

ARAÚJO, J. L. P.; ASSIS, J. S. de; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; DIAS, R. de C. S.; SILVA, C. M. de J. Produção integrada de melão no Vale do São Francisco: manejo e aspectos socioeconômicos. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. de A. D. de; TERAPO, D. (Ed.). **Produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: Banco do Nordeste do Brasil, 2008. cap. 3, p. 43-50. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/37261/1/OPB1724.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife, 1973. 2 v. (SUDENE. Pedologia, 14; DNPEA. Boletim técnico, 26).

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Disponível em: <<http://www.saofrancisco.cbh.gov.br>>. Acesso em: 04 ago. 2015.

CUNHA, T. J.; SILVA, M. S. L. da; PETRERE, V. G.; SÁ, I. B.; OLIVEIRA, NETO, M. B. de; CAVALCANTI, A. C. **Solos do Submédio do Vale do São Francisco**: potencialidade e limitações para uso agrícola. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 60 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 211). Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br/public_downloads/SDC211.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2015.

IBGE. **Produção agrícola municipal 2015**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

NEGREIROS, M. Z. de; MEDEIROS, J. F. de; GRANJEIRO, L. C.; SALES JÚNIOR, R.; ARAÚJO, E. L. de; FILGUEIRA, A. M.; ARAÚJO, J. M. M. de. **Cultivo do melão no Nordeste**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido, Departamento de Ciências Vegetais, 2005.

SOUSA, V. F.; PINTO, J. M.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; MEDEIROS, J. F.; SANTOS, F. J. S. Irrigação e fertirrigação na cultura do melão. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 659-687.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 48 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 168). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/25837/1/SDC168.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Informações agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31579/1/SDC233.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

Capítulo • 3

Sistema de produção de melão no polo agrícola Jaguaribe-Açu

Frederico Inácio Costa de Oliveira

Leilson Costa Grangeiro

Maria Zuleide de Negreiros

Glauber Henrique de Sousa Nunes

Fernando Antonio Souza de Aragão

Introdução

A crescente demanda por alimentos saudáveis e o próprio aumento populacional vêm dando cada vez mais importância à produção de frutas e hortaliças, no mundo. Entre elas, podemos destacar o melão (*Cucumis melo* L.), com grande inserção nacional e internacional.

Antes de os plantios comerciais serem implantados no Brasil, o melão comercializado advinha principalmente do Chile e da Espanha. No início, as principais áreas produtoras ocorriam nos estados de São Paulo, Pará e Rio Grande do Sul, e a produção destinava-se ao mercado local.

Embora alguns autores afirmem que o cultivo comercial do melão tenha começado na década de 1960 (DELLA VECCHIA, 2012; NACHREINER et al., 2002), há registros datados de antes desse período. Segundo Pinto (1959), na década de 1950, iniciou-se o cultivo comercial de meloeiro na região Nordeste, sendo possível observar a comercialização em feiras e mercados no Rio Grande do Norte e no Ceará, ao final dessa década. Na década de 1980, começaram os embarques de melão para a Europa, pelos portos de Natal e Fortaleza (MADRUGA, 1983).

Atualmente, a região Nordeste, sobretudo os estados do Rio Grande do Norte e Ceará são os principais produtores e exportadores brasileiros. A cadeia produtiva do meloeiro nesses estados tem contribuído para a geração de emprego e renda, com relevante importância econômica e social para o Semiárido brasileiro. Estima-se que o atual agronegócio do melão brasileiro é responsável por aproximadamente 60 mil empregos diretos e indiretos.



Regionalmente, a produção de melão está concentrada entre os vales dos rios Jaguaribe (Ceará) e Açu (Rio Grande do Norte), formando o principal polo agrícola do agronegócio brasileiro do melão, denominado polo Jaguaribe-Açu (Figura 1). Esse polo é responsável por cerca de três quartos da área colhida, mais de 80% da produção e a quase totalidade das exportações brasileiras de melão (Tabela 1).

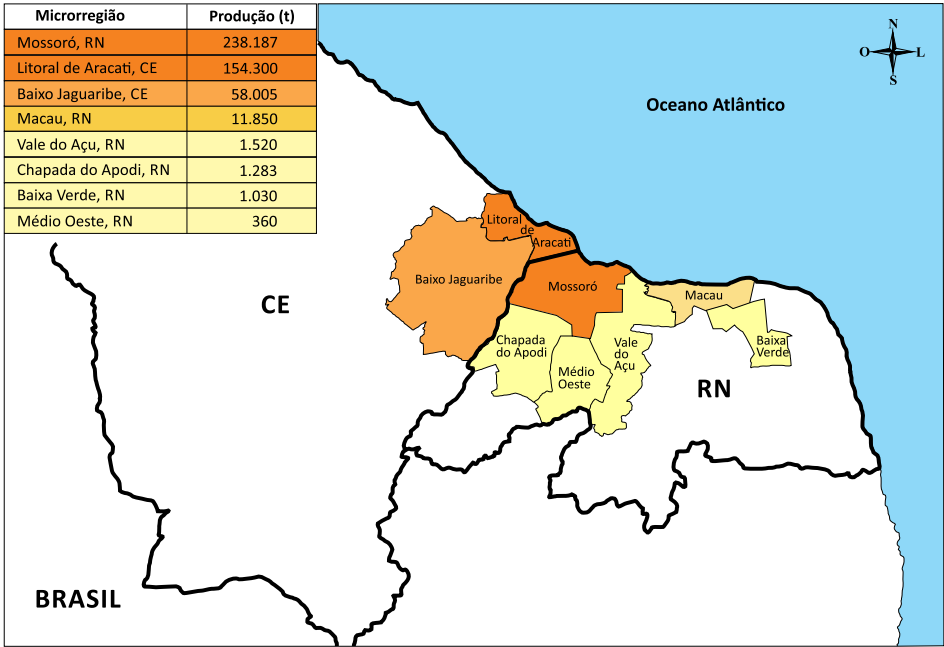


Figura 1. Principais microrregiões produtoras de melão dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, em 2014.

Fonte: (IBGE, 2016).

Nessa região, predomina o cultivo dos melões Amarelo e Cantaloupe, embora também sejam produzidos os tipos comerciais Pele de Sapo, Gália, Charentais e Honeydew. A produção de melão é caracterizada pelo alto consumo de insumos e adoção de modernas tecnologias. Grande parte dessa produção é voltada para o mercado externo, com destaque para a Europa. Desse modo, muitos produtores de melão do CE e RN possuem selos internacionais de produção certificada.

**Tabela 1.** Área colhida, produção e exportações de melão do Brasil e dos polos agrícolas do Ceará e Rio Grande do Norte, na última década.

Ano	Área colhida ⁽¹⁾ (mil ha)				Quantidade produzida ⁽¹⁾ (mil t)				Exportações ⁽²⁾ (milhões US\$)			
	CE	RN	Brasil	% CE/RN	CE	RN	Brasil	% CE/RN	CE	RN	Brasil	% CE/RN
2014	7,35	8,26	21,99	70,96	222,39	232,58	589,94	77,12	90,71	60,05	151,82	99,31
2013	7,33	8,87	22,02	73,57	212,36	254,53	565,90	82,50	88,71	58,23	147,58	99,57
2012	7,79	9,06	22,79	73,94	219,31	260,78	575,39	83,44	78,59	54,06	134,11	98,91
2011	5,63	8,33	19,70	70,86	143,47	258,94	499,33	80,59	76,39	50,56	128,35	98,91
2010	5,43	7,94	18,86	70,89	153,16	242,30	478,39	82,66	74,26	45,71	121,97	98,36
2009	4,89	7,18	17,54	68,81	124,16	201,26	402,96	80,76	74,16	45,65	122,09	98,13
2008	6,80	3,58	15,75	65,90	170,42	100,58	340,46	79,60	85,68	64,99	152,13	99,04
2007	6,92	8,12	21,58	69,69	173,38	230,69	495,32	81,58	41,94	85,20	128,21	99,17
2006	6,63	8,16	21,35	69,27	165,63	245,55	500,02	82,23	29,11	58,12	88,24	98,86
2005	4,95	5,48	15,98	65,27	117,94	160,30	352,74	78,88	34,48	55,93	91,48	98,83
2004	4,39	5,92	15,50	66,52	109,57	167,49	340,86	81,28	16,74	45,47	63,25	98,36

Fonte: ⁽¹⁾Sidra, IBGE (2016) e ⁽²⁾Aliceweb, BRASIL (2016).

O objetivo deste capítulo é descrever as principais características da cultura e do cultivo do meloeiro no Polo Jaguaribe-Açu. Inicialmente, são apresentadas características ambientais predominantes nesse polo, assim como os diferentes tipos comerciais de melão produzidos. Em seguida, detalha-se o sistema de produção predominantemente praticado nessa região.

Aspectos regionais

O Polo Jaguaribe-Açu inclui o vale do Rio Jaguaribe (Ceará), a Chapada do Apodi (divisa CE/RN), toda a região em torno de Mossoró (RN) e o vale do Rio Açu, no Noroeste do Rio Grande do Norte.

O vale do Rio Jaguaribe se caracteriza por apresentar clima tipo BSw'h' (clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono). A temperatura média anual é de 28,5 °C, com mínima de 22 °C e máxima de 35 °C. A precipitação média anual é 772 mm, sendo sua distribuição muito irregular. A umidade relativa média anual é de 62%. Os ventos apresentam velocidade média de 7,5 m/s, e a evapotranspiração atinge a média anual de 3.215 mm. A região tem insolação de 3.030 horas/ano. O relevo é plano com declividade dominante inferior a 2%, com apenas pequenas áreas ligeiramente



deprimidas, como variação nas condições da morfologia geral da área. Essas condições do relevo são amplamente favoráveis à mecanização agrícola. São encontrados diversos tipos de solos nesse Vale, destacando-se o Cambissolo, o Argissolo e o Neossolo Litólico Eutrófico. O suprimento hídrico é oriundo principalmente do Rio Jaguaribe, perenizado pelos açudes de Orós e Castanhão, com derivação por meio da barragem de Pedrinhas, localizada em um braço do Jaguaribe, denominado Rio Quixeré (ADECE, 2016).

As áreas de produção no Estado do Rio Grande do Norte abrangem 7.974 km², constituídos por 14 municípios: Assu, Areia Branca, Alto do Rodrigues, Baraúna, Carnaubais, Grossos, Mossoró, Itajá, Ipanguaçu, Pendências, Porto do Mangue, São Rafael, Serra do Mel e Tibau. A região está inserida em sua maior parte no clima semiárido BSW'h, segundo a classificação climática de Koppen, na qual ciclicamente ocorre o fenômeno da estiagem. A conjugação de um regime pluviométrico escasso e irregular com uma elevada evaporação provoca a perda de grande parte da água superficial e tem como resultado a intermitência de, praticamente, toda a rede hidrográfica, sendo a água um recurso escasso nessa região. As precipitações pluviométricas médias anuais situam-se em torno de 670 mm/ano. A evaporação é de 1.760 mm e há um deficit d'água de 1.000 mm, durante 9 meses (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DE MEIO AMBIENTE, 2002). O período chuvoso inicia-se em fevereiro/março e prolonga-se até julho/agosto, com maior intensidade nos meses de março a junho. O período de estiagem vai de 5 a 6 meses, a temperatura média anual varia entre 25 °C e 36 °C, e a umidade relativa do ar média oscila entre 59% e 76%. Há uma ocorrência média de 245 horas/ano de sol (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DE MEIO AMBIENTE, 2002). Os tipos de solos predominantes são: Cambissolos Háplicos Eutróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Luvissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Gleissolos, Neossolos Flúvicos Eutróficos e Chernossolos (BRASIL, 2016a).

Sistema de produção do melão no Polo Jaguaribe-Açu

Época de plantio

Nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, a época de plantio vai de junho a dezembro, com maior concentração nos meses de agosto a outubro. Assim, a colheita coincide com a entressafra de grandes produtores mundiais, sobretudo, europeus.



Preparo do solo

O solo é preparado de forma a permitir boa drenagem e um melhor estabelecimento do sistema radicular. O número de operações de aração, gradagem e nivelamento dependerão de cada tipo de solo. Antes de dar início às operações de preparo do solo, são coletadas, na profundidade de até 20 cm, amostras de solo da área de cultivo para que, por meio da análise química, seja determinada a necessidade de calagem e adubação.

A operação seguinte consiste de aração, com arado de disco ou aiveca, a uma profundidade de 20 cm a 40 cm, com a finalidade de revolver a camada superficial do solo e incorporar o material orgânico existente na superfície. Em áreas já cultivadas, com a presença de plantas daninhas ou restos culturais, os produtores de melão passam a roçadeira ou grade de discos, antes de procederem a aração, facilitando sua incorporação ao solo. Para complementar a aração, os produtores costumam gradear a área com o objetivo de reduzir o tamanho dos torrões, no caso dos solos mais argilosos (Tabuleiro de Russas e na Chapada do Apodi), e para nivelar a superfície do terreno, facilitando as operações seguintes e a implantação da cultura.

O sistema de irrigação por gotejamento predomina nessa região. Assim, faz-se a marcação dos sulcos de plantio no espaçamento desejado, seguida da adubação de fundação, ao longo dos mesmos. Os adubos são incorporados manualmente, com tração animal ou, principalmente, por meio de equipamentos motomecanizados.

Quando o cultivo é feito no período chuvoso, de janeiro e maio, ou quando o solo não é bem drenado, faz-se o levantamento de canteiros (camalhões) que possibilitam uma melhor drenagem da água, evitando a proliferação de doenças causadas por fungos e bactérias. Os canteiros também melhoram a aeração do solo na zona das raízes e reduzem as perdas de frutos por apodrecimento. Os canteiros são construídos com largura variando de 1,0 m a 1,2 m e altura em torno de 0,15 m. Os canteiros são feitos com enxada rotativa. Quando se utiliza grade fechada, os canteiros ficam no formato de camalhão de base larga.

Sementes e mudas

O semeio é feito em bandejas com 200 células, contendo em torno de 2,5 L de substrato à base de fibra de coco. Também podem ser utilizadas misturas de compostos, tais como: vermiculita, húmus de minhoca e areia. As bandejas podem ser de isopor (polipropileno) ou plásticas (poliestireno) (Figura 2A e 2D).



Pelo alto custo e o elevado vigor das sementes dos híbridos comerciais, é posto uma semente por célula da bandeja (Figura 2A). Visando acelerar o semeio das sementes e aperfeiçoar a produção de mudas, pela uniformidade na profundidade do semeio, produtores de mudas fazem a semeadura mecanizada com semeadeiras automáticas ou semiautomáticas (Figura 2B). Vale ressaltar que os produtores do Polo Jaguaribe-Açu plantam somente variedades híbridas (F1).

Após a semeadura, as bandejas permanecem em escuro absoluto por 3 dias, tempo necessário para que seja iniciado o processo de germinação. Durante esse período, as bandejas permanecem empilhadas, de modo que não haja pressão alguma sobre o substrato e mantendo a umidade elevada. Essa etapa ocorre em ambiente fechado.

Fotos: Fernando Antonio Souza de Aragão

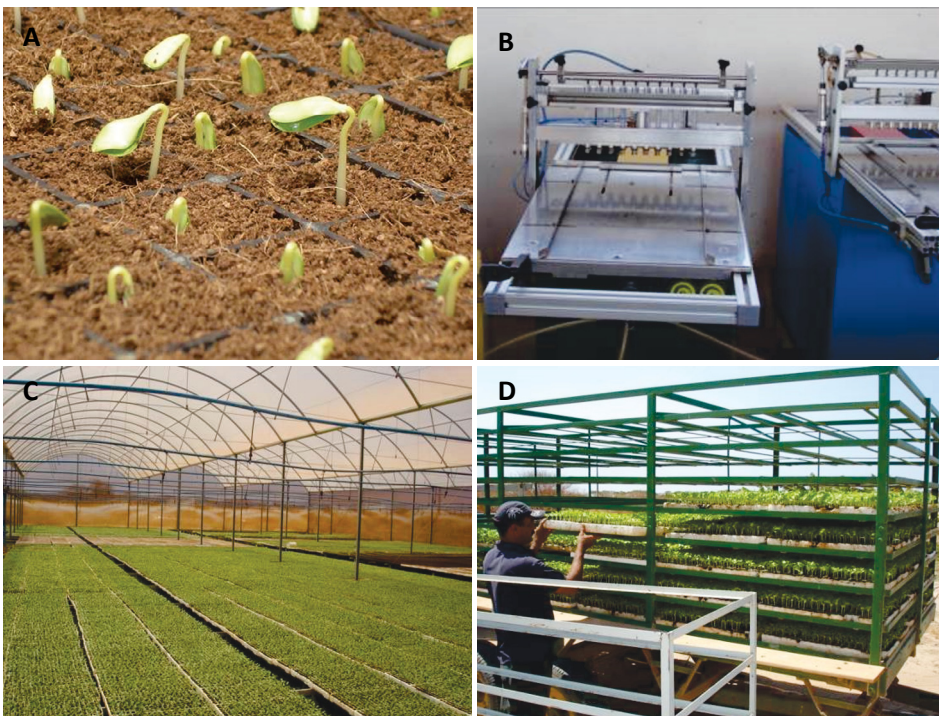


Figura 2. Semeio e produção de mudas de melão em ambiente protegido: (A) germinação das mudas; (B) máquina semeadora de sementes de melão; (C) bandejas com mudas de meloeiro em casa de vegetação; (D) transporte das mudas em veículo apropriado.

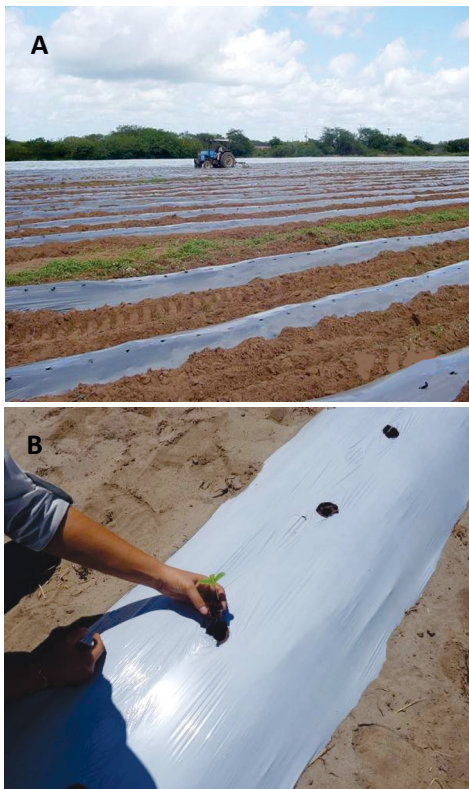


Passado esse período, com o início da emergência das folhas cotiledonares, as bandejas são dispostas lado a lado em ambiente protegido, de modo que as plântulas são expostas à luz solar, permanecendo nessas condições por um período de 7 a 10 dias. (Figura 2C). As folhas cotiledonares realizam a fotossíntese para suprir o sistema radicular em desenvolvimento. Desse modo, durante essa fase de desenvolvimento em bandejas, as plântulas recebem basicamente água. Todavia, podem receber adição de fertilizantes, em solução.

Espaçamento e *mulching*

No campo, as linhas de plantas de meloeiro são mantidas em espaçamento de 2 metros entre si e são cobertas com filme de polietileno (*mulching*), que se caracteriza por uma lona com furos equidistantes de acordo com o espaçamento da cultura (geralmente 0,3 m ou 0,4 m). O *mulching* é utilizado com o intuito de dificultar a evaporação do solo, além de impedir a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas, no entorno do meloeiro (Figura 3A).

Na maior parte das áreas plantadas, o *mulching* apresenta faces de coloração branco/preto e prata/preto, permanecendo a face preta sempre voltada para baixo. Também existe a combinação preto/preto (Figura 3B).



Fotos: Fernando Antonio Souza de Aragão

Figura 3. Distribuição espacial da cultura do melão no campo, mostrando o uso do *mulching*.



Transplântio de mudas

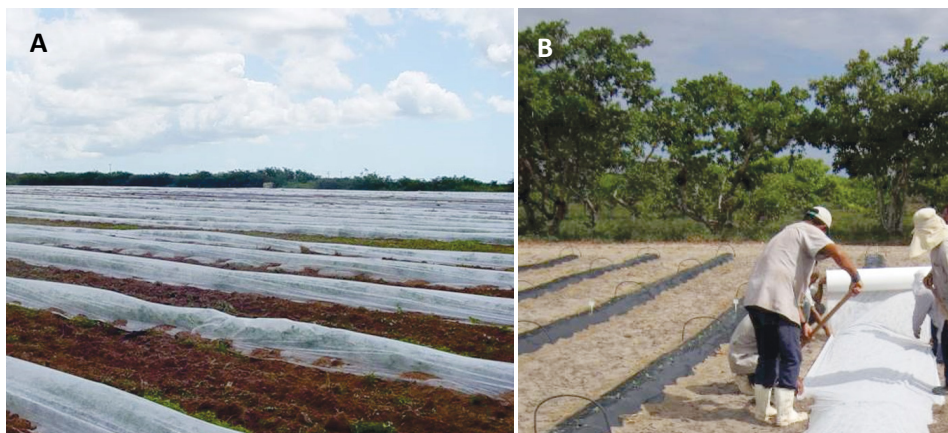
Antes de iniciar o transplântio, o sistema de irrigação é ligado para facilitar a abertura das covas que receberão as mudas e, ao mesmo tempo, as bandejas também são irrigadas para facilitar a remoção das mudas, sem prejudicar as raízes das plântulas. As mudas são transplantadas de 10 a 13 dias após o semeio. As covas são abertas na parte central do canteiro, local correspondente à distribuição da adubação de fundação (orgânica e química). As mudas são distribuídas nas linhas, apertando-se o solo contra o substrato para garantir um bom desenvolvimento do sistema radicular (Figura 3B).

Cobertura do canteiro com manta agrotêxtil

Imediatamente após o transplântio, as linhas são cobertas com manta de tecido não tecido (TNT), também conhecida como manta agrotêxtil (Figura 4A). O TNT é confeccionado a partir de longos filamentos de polipropileno que são colocados em camadas, soldados entre si por meio de temperaturas apropriadas e com aditivos que permitem sua autoproteção contra a degradação dos raios ultravioletas (UV).

O uso de TNT na cultura do melão visa reduzir a incidência de pragas, principalmente mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e mosca-minadora (*Liriomyza* spp.). Consequentemente, nas três primeiras semanas da cultura, essa proteção também evita a infecção das plantas por algumas viroses, sobretudo pelo “amarelão” (*Melon Yellowing-associated Virus* – MYaV), transmitido pela mosca-branca.

O TNT utilizado no meloeiro é de coloração branca, permeável e com gramatura de 15 g/m², normalmente utilizados em pelo menos dois ciclos consecutivos. Em cada linha, a cada três metros, é montada uma base de sustentação para a manta (Figura 4B). Cada base consiste de um semicírculo de plástico que atravessa a linha de cultivo no sentido transversal, com suas extremidades fixadas no solo por meio de hastes. Colocadas as bases, a manta é distribuída, de uma ponta a outra da linha, sendo as laterais cobertas com solo para evitar frestas, ao longo da cobertura. Visando garantir a polinização, a manta é retirada em torno de 21 e 23 dias após o transplântio, período que coincide com o aparecimento das primeiras flores hermafroditas. Entretanto, as plantas passam a ficar expostas ao ataque das pragas e doenças.

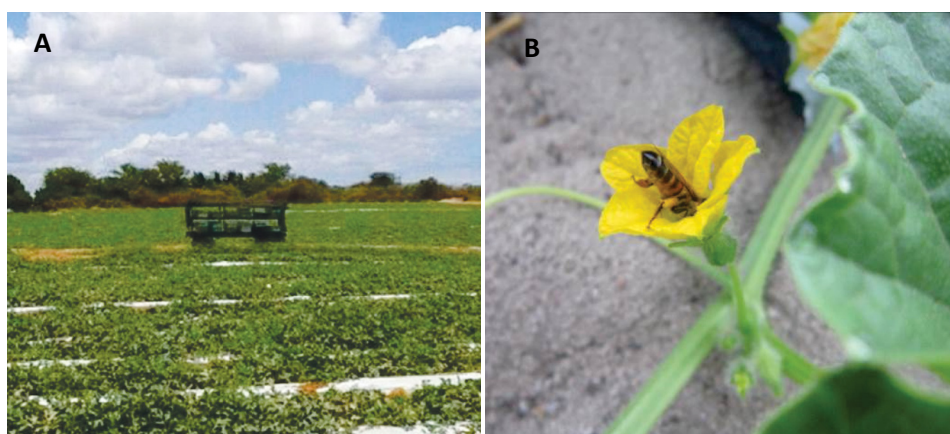


Fotos: Fernando Antonio Souza de Aragão

Figura 4. Plantas de meloeiro cobertas (A) e mudas recém-transplantadas (B) sendo cobertas com a manta agrotêxtil de TNT.

Polinização

Com o intuito de aumentar a taxa de polinização e, consequentemente, a produção da cultura, antes da retirada da manta agrotêxtil, são introduzidas de três a cinco colmeias de *Apis mellifera* por hectare. As colônias são distribuídas nas áreas de cultivo, preferencialmente em carroças cobertas visando facilitar a locomoção e evitar o aquecimento das colmeias (Figura 5A).



Fotos: Fernando Antonio Souza de Aragão

Figura 5. Correta distribuição das colmeias no cultivo de meloeiro (A) e abelha visitando uma flor do meloeiro (B).



O período de permanência dos insetos no campo gira em torno de três semanas e meia, o suficiente para garantir a polinização adequada dos frutos (Figura 5B). É evitado, ao máximo, o contato das colônias com defensivos agrícolas. Quando necessárias, as pulverizações são realizadas no final da tarde ou durante a noite, evitando o horário de visitação das abelhas, que geralmente ocorre entre sete da manhã e duas da tarde. Pulverizações nesses horários afetam negativamente o comportamento do inseto e, por conseguinte, a produtividade da cultura.

Irrigação

A irrigação é feita por sistema de gotejamento (Figura 6A), visando à melhor eficiência no uso da água e menor incidência de doenças foliares e plantas daninhas. Além disso, garante maior economia de mão de obra e melhor eficiência na aplicação de fertilizantes, via fertirrigação (Figura 6B).

A maioria dos produtores evita o uso excessivo da água de irrigação para não causar a lixiviação de nutrientes e a redução da qualidade do fruto. Fazendas com estações climatológicas realizam o manejo da irrigação de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e condições climáticas, com monitoramento constante da salinidade da água de irrigação. Entretanto, infelizmente, muitos produtores aplicam a mesma lâmina de irrigação ao longo de todo o período de cultivo e de forma indistinta, nos meses de produção.

Fotos: Fernando Antonio Souza de Aragão

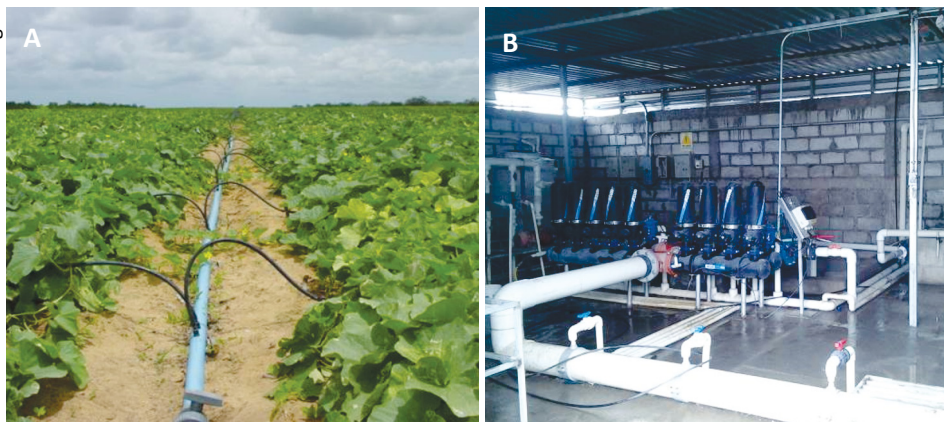


Figura 6. Sistema de irrigação por gotejamento no campo (A) e unidade de comando de fertirrigação (B).



Grande parte da água utilizada nos plantios de meloeiro nesse polo é proveniente de poços artesianos. De modo geral, esses poços fornecem águas calcárias. Contudo, nos anos com menor média pluviométrica, a água vai se tornando salobra.

Recomendações de adubação

A recomendação de níveis de nitrogênio tem por base resultados de experimentos que exprimem a resposta da planta a níveis de adubação. Para fósforo e potássio, a recomendação se baseia nas informações que relacionam a resposta da planta a níveis de adubação em solos com teores diferentes do elemento em estudo, ou seja, calibração de análise do solo. Portanto, há necessidade da análise do solo para uma recomendação adequada dos níveis de fósforo e potássio.

Considerando uma produtividade em torno de 30 t/ha, o meloeiro requer na adubação cerca de 80-120 kg/ha de N, 150-300 kg/ha de P_2O_5 e 150-200 kg/ha de K_2O (CRISOSTOMO et al., 2003). As doses de fósforo e potássio a serem aplicadas irão depender, principalmente, de seus teores no solo. Também é importante o conhecimento dos valores de pH e de carbonato de cálcio do solo da área, além da qualidade da água de irrigação.

Fertirrigação

Na fertirrigação, é considerado o volume de solo molhado (bulbo húmido) e explorado pelo sistema radicular, para se determinar a disponibilidade de nutrientes no solo para a planta. Ainda vale ressaltar que a adubação orgânica é toda colocada na fundação. Por outro lado, parte da adubação química é aplicada na fundação, e o restante é aplicado via fertirrigação. Esse manejo de adubação varia de produtor para produtor e, para muitos, trata-se de um segredo comercial.

A fertilização é realizada com parcelamento das aplicações de fertilizantes (Figura 6B), visando atingir sua máxima eficiência. Portanto, essa adubação leva em conta os teores dos diferentes nutrientes existentes no solo (revelados pelas análises do solo) e eleva-os para níveis considerados de médio a alto, com adequadas relação catiônica e fração da CTC (capacidade de troca de cátions) do solo.

Na determinação da quantidade de nutriente a ser aplicada ao solo, consideram-se as perdas e ganhos do sistema. Os principais fatores utilizados



na determinação da quantidade de fertilizante a ser aplicada, via fertirrigação, são: a) exigências nutricionais do meloeiro, para um determinado rendimento, em cada estágio fenológico; b) quantidade de nutrientes fornecida pelo solo; c) profundidade do sistema radicular e fração do solo ocupada pelas raízes onde ocorre a absorção dos nutrientes; d) limite de segurança para o nutriente no solo ou a concentração crítica do nutriente no solo, que deve corresponder ao nível considerado de médio a alto para aquele nutriente e que proporcione uma relação iônica equilibrada e adequada; e) o fator de correção ou fator de eficiência; f) o suprimento de água; g) o método de irrigação; e h) a quantidade de nutriente fornecida pela água de irrigação.

Da quantidade aplicada de fertilizante para a planta, apenas uma parte é absorvida. Isso se deve a perdas que ocorrem no sistema por lixiviação, volatilização, precipitação e os processos de sorção. Assim, calculada a quantidade de fertilizante a ser aplicada no cultivo do meloeiro para uma produtividade de 30 t/ha, por exemplo, tem-se que adicionar um pouco mais, devido às perdas, usando um fator de correção ou de eficiência, que variam com as condições edafoclimáticas e método de aplicação do fertilizante.

As quantidades de nutrientes exportadas pela cultura são obtidas pela curva ou marcha de absorção do meloeiro, que depende também de cultivar, clima, solo e manejo da água e das doses dos nutrientes aplicados. As perdas de nutrientes são principalmente por lixiviação e volatilização.

Manejo do fruto

O manejo do fruto é realizado durante todo o ciclo, com eliminação dos frutos malformados, com o objetivo de melhorar a qualidade e o tamanho dos demais frutos. Estresse hídrico e problemas de polinização são as principais causas de frutos malformados.

Atualmente, algumas empresas produtoras de melão no Polo Jaguaribe-Açu fazem o raleio dos frutos próximos à base da planta (por exemplo, em melão Honeydew). A eliminação desses frutos reduz a “força do dreno” que eles exercem, dificultando a emissão de outras flores femininas nas gemas próximas a eles.

Alguns tipos de frutos, como o Cantaloupe e Charentais, requerem forramento individual. Essa técnica consiste em calçar cada fruto com palhadas ou pequenas bandejas de isopor ou plásticas, visando diminuir a ocorrência de manchas, apodrecimentos e contaminações. Para melões Pele



de Sapo, predominantemente se utilizam sacos de papel ou mesmo jornais.

Adicionalmente, visando diminuir as queimaduras por radiação solar na superfície do fruto ou a mancha de encosto, é realizada a mudança da posição do fruto. Essa mudança consiste em girar os frutos aproximadamente 30 graus, trocando a parte do fruto que fica em contato com o solo, o que também dificulta o aparecimento de podridões. Essa prática é mais utilizada em melões do tipo amarelo. Em melões nobres como Honeydew, Cantaloupe, Gália e Charentais, os produtores utilizam bandejas plásticas ou de papelão ondulado para evitarem contato dos frutos com o solo. Essas bandejas são reutilizadas e sua duração depende do material e dos cuidados durante o manuseio.

Controle de plantas daninhas

O método de controle mais empregado no Polo Jaguaribe-Açu é o mecânico, que consiste em utilizar cultivadores tratorizados ou com tração animal nas entrelinhas, e manualmente (enxada) entre as plantas, tantas vezes quantas forem necessárias para manter a cultura sem a competição das plantas daninhas. Com o desenvolvimento da planta, dependendo do produtor, as capinas são manuais (enxada) e localizadas, para evitar o pisoteio das ramas.

É válido ressaltar que a utilização do *mulching* com filme de polietileno confere bons resultados (mais detalhes no item cobertura do solo) no controle de plantas daninhas. O controle químico mediante a aplicação de herbicidas também é empregado, sendo os mais utilizados os herbicidas de pré-emergência.

Principais doenças do meloeiro

Para suprir a crescente demanda por frutas e hortaliças, os produtores no polo Jaguaribe-Açu investiram em modernas técnicas de cultivo, tais como a utilização de plástico (*mulching*), irrigação por gotejamento, fertirrigação e aumento da densidade de plantio, dentre outras. Entretanto, essas técnicas trazem consequências desfavoráveis ao ambiente e às plantas; associadas à falta de rotação de culturas com plantas não hospedeiras e o manejo inadequado do solo, com pouca utilização de matéria orgânica em ciclos de cultivo repetitivos na mesma área, tornam o ambiente favorável ao desenvolvimento de fitopatógenos.

A principal doença que afeta o meloeiro no Polo Jaguaribe-Açu é o oídio (*Sphaeroteca fuliginea*). Essa e outras doenças que afetam essa cultura estão detalhadas a seguir.



Oídio (*Sphaerotheca fuliginea* e *Erysiphe cichoracearum*)

Seus sintomas iniciais surgem na forma de manchas amarelo-claras nas folhas, que aumentam de tamanho e depois são recobertas por um mofo branco (Figura 7). À medida que o mofo vai tomando conta do limbo, as folhas vão amarelecendo e secando, os ramos mais tenros definham e os frutos novos sofrem ligeira deformação. Geralmente, os sintomas se desenvolvem primeiro nas folhas mais velhas ou nas folhas sombreadas, na parte superior.

É uma das doenças mais temidas pelos produtores de melão, uma vez que o seu ataque à parte aérea reflete no teor de açúcares dos frutos, ocasionando, assim, perdas de qualidade.

Foto: Rui Sales Jr.



Figura 7. Sintomas de oídio na folha.

Entre as principais medidas de controle estão aquelas relacionadas com a resistência genética. Muitos híbridos comerciais apresentam resistência a raça 1 de oídio. Não obstante, existem outras raças do fungo na região, sobretudo a raça 2.

Dessa forma, a utilização de produtos químicos torna-se imprescindível, principalmente quando se trata de híbridos muito suscetíveis a esse fungo. Muitos produtos químicos apresentam eficiência no controle do fitopatógeno, com destaque para os dos grupos das estrubirulinas, triazóis, benzimidazóis, entre outros.



Murcha-de-fusário ou fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*)

A fusariose se caracteriza com murcha e necrose nas folhas que, inicialmente, afetam a planta unilateralmente e mais tarde atinge toda a planta (Figura 8). Outro sintoma característico é a redução no desenvolvimento e o escurecimento vascular, observados quando cortes transversais são feitos nas ramas.

Os sintomas típicos geralmente podem ser observados entre 40 e 45 dias após o transplantio. Quando a infecção ocorre em plantas jovens, pode ocasionar a morte destas. As estruturas desse patógeno podem sobreviver durante vários anos no solo e penetrar pelas raízes.

Os restos de plantas infectadas contêm inúmeras estruturas do patógeno que podem dar origem a novas infecções. A disseminação ocorre por meio de partículas de solo transportadas por implementos e práticas agrícolas, ou por sementes infectadas.

A fusariose é de difícil manejo sendo necessárias medidas preventivas, tais como a utilização de sementes certificadas, eliminação das plantas com sintomas de murcha, adubação equilibrada e manutenção dos níveis de cálcio altos. Não há fungicidas registrados para controle desse patógeno, em meloeiro.



Foto: Rui Sales Jr.

Figura 8. Murcha-de-fusário na planta.



Míldio (*Pseudoperonospora cubensis*)

É uma das doenças fúngicas foliares mais destrutivas do meloeiro, principalmente no período de maior ocorrência, quando o solo tem mais umidade. Os sintomas observados no início do ataque se apresentam nas folhas, com a presença de manchas amareladas (Figura 9), que posteriormente se tornam encharcadas semelhantes à mancha-aquosa causada pela bactéria *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. As manchas são limitadas pelas nervuras e, depois de algum tempo, tornam-se marrons ou bronzeadas. Na superfície da face dorsal, as folhas apresentam um mofo ralo de cor olivácea, formado pelas estruturas reprodutivas do patógeno, que constituem o sinal da doença.

Sob condições de umidade elevada, essas manchas crescem e se unem (coalescendo), formando áreas necróticas de maior tamanho. Devido à estreita relação com as condições ambientais, o plantio de melão é evitado em solos pesados, sujeitos ao encharcamento. O controle químico é bastante eficiente, tendo como produtos recomendados Metalaxyl, Fosetil-Al, Cimoxanil, entre outros.

Foto: Rui Sales Jr.



Figura 9. Míldio na folha.



Mancha-aquosa (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*)

Atualmente é um dos principais problemas de ordem fitossanitária que ocorre ao meloeiro, no período das chuvas na região em discussão. Trata-se de uma bactéria não sistêmica que penetra no fruto, ocasionando sua depreciação.

O momento do seu ataque inicia-se na abertura das flores femininas, sendo finalizado a partir dos 55 dias do plantio, quando o fruto já está formado. Os sintomas iniciais se apresentam por meio de pequenas manchas verde-claras oleosas, com cerca de 1 mm de diâmetro nas folhas. Essas manchas crescem tornando-se aquosas, como verdadeiras anasarcas (Figura 10). Nos frutos, essas manchas podem alcançar área considerável ao se juntarem. Em algumas cultivares, como no tipo Pele de Sapo, as manchas são de tom verde-escuro, enquanto no tipo Amarelo, como os híbridos Goldex e Natal, essas manchas são marrom-escuras e, no tipo Gália, são marrom-claras.

O controle desse fitopatógeno é feito com um bom manejo da cultura, utilizando-se sementes sadias, não adensando a cultura e não permitindo a entrada de trabalhadores e máquinas na área enquanto os frutos ou a planta estiverem molhados. Essas práticas são muitas vezes associadas à aplicação de cobre nas formas oxicleto ou hidróxido, assim como a utilização de produtos de ação bactericida como kasugamicina e oxitetraciclina. Retirar do campo os frutos apodrecidos por essa bactéria reduz o potencial de inóculo.



Foto: Rui Sales Jr.

Figura 10. Acidovorax no fruto.



Barriga-d'água (*Xanthomonas campestris* pv. *melonis*)

Os frutos acometidos dessa enfermidade apresentam-se cheios de líquido no seu interior, proveniente da decomposição da polpa. No princípio da infecção, observa-se, ao cortar o fruto, a presença de pequenas bolsas escurecidas que, ao coalescerem, decompõem totalmente o tecido.

A sua presença no campo ou *packing house* é de fácil diagnóstico, já que os frutos infectados apresentam pequenas manchas verde-claras na casca e, ao serem agitados, apresentam-se cheios de líquidos. Quando os frutos são cortados, verifica-se a presença de grande quantidade de líquido resultante da decomposição do tecido causado pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *melonis*, podendo, algumas vezes, estar associada à *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*), quando, então, os frutos exalam mau cheiro característico.

Até o momento, essa bactéria se apresenta com maior frequência somente no período das chuvas na região, e a doença tem sido tratada com os mesmos produtos utilizados para outras bactérias no meloeiro. Retirar de campo os frutos apodrecidos por essa bactéria também reduz a fonte de inóculo.

Adicionalmente, em menor frequência, é observada a ocorrência das seguintes doenças:

Morte súbita – também conhecida como “*vine decline*” ou “colapso do meloeiro”, trata-se de uma complexa síndrome, ocasionada por diversos patógenos radiculares isolados ou em associação: *Rhizoctonia solani*, *Didymella bryoniae*, *Monosporascus cannonballus*, *Macrophomina phaseolina*, *Pythium* spp., *Fusarium solani* e *Myrothecium roridum*. O primeiro sintoma que se observa é amarelecimento e necroses das folhas mais velhas, seguidos do murchamento das folhas, devido a uma redução acentuada do sistema radicular, que leva a planta a não conseguir suprir as suas necessidades hídricas. O período mais crítico da cultura é na época de amadurecimento dos frutos, geralmente entre os 50-55 dias após o transplântio.

Viroses – as viroses do meloeiro com registro de ocorrências na região são: mancha-anelar-do-mamoeiro, estirpe melancia (*Papaya ringspot virus* - strain *watermelon* – PRSV-w); mosaico-do-pepino (*Cucumber mosaic virus* – CMV); mosaico-da-melancia 2 (*Watermelon mosaic virus* 2 – WMV-2); amarelo-da-abobrinha (*Zucchini yellow mosaic virus* – ZYMV); mosaico-da-abóbora (*Squash mosaic virus* – SqMV); amarelão-do-meloeiro (*Melon yellowing associated virus*



– MYaV) e clorose letal da abobrinha (*Zucchini lethal chlorosis virus* – ZLCV). Essas viroses podem ocorrer em altas incidências e distintas severidades, causando reduções drásticas na produção total e qualidade dos frutos. As perdas decorrentes das viroses no meloeiro dependem da idade da planta, da cultivar e das condições ambientais. Também vale salientar a ocorrência de infecções mistas na mesma planta ou várias espécies de vírus presentes no mesmo campo de produção de melão, aumentando ainda mais as perdas. A correta identificação das espécies de vírus e seus sintomas é um passo importante para definir estratégias para o seu controle. Como medida de controle, realiza-se a prática do *rouguing*, que consiste na eliminação de plantas afetadas. Também se eliminam plantas daninhas, pois algumas são hospedeiras desses fitovírus. No caso da fitovirose transmitida por inseto, o controle do vetor ocorre mediante aplicação de químicos (COSTA, 2010). Portanto, as medidas de controle dos vírus são principalmente preventivas e são aplicadas por todos os produtores da região. Uma vez o vírus estabelecido na cultura, na maioria dos casos, nada mais poderá ser feito para o seu controle.

Nematoides – os nematoides das galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*) são as espécies mais encontradas no cultivo de melão da região, todavia o nematoide *Rotylenchulus reniformis* também foi encontrado em associação com os anteriores. As infestações mais graves ocorrem em solos arenosos, sendo menos prejudiciais em solos pesados, de textura argilosa. Por se tratar de uma cultura intensiva, com sucessivos ciclos anuais de cultivo na mesma área, muitas vezes mantendo partes dos sistemas radiculares no solo na entressafra, o inóculo desse patógeno cresce a cada ciclo da cultura. Plantas daninhas também podem hospedar os nematoides, entre os cultivos de melão. Formas juvenis e ovos também podem permanecer viáveis no solo, protegidos em massas de ovos (ootecas) ou em restos culturais. Apesar de sua pequena mobilidade natural, a constante movimentação de maquinário nas áreas de lavouras tem favorecido sua disseminação. De modo geral, os nematicidas são produtos muito tóxicos com ação de apenas moderada eficiência. O revolvimento do solo e exposição dos restos culturais, sobretudo das raízes, aos raios solares é uma das técnicas utilizadas para reduzir o inóculo de nematoides no solo.

Distúrbios fisiológicos

São distúrbios que ocorrem no desenvolvimento da planta causada pelo desequilíbrio de um ou de vários fatores (abióticos) no ambiente dessas plantas.



Essas doenças não são transmissíveis e nem tampouco parasitárias. Na verdade, são provocadas por desequilíbrios causados por condições climáticas ou nutricional ou por algum estresse fisiológico. Os mais comumente observados na região são:

Deterioração precoce de frutos

É um distúrbio fisiológico caracterizado pelo desprendimento precoce das sementes no interior do fruto, ocorrendo um colapso interno com degradação da polpa e produção de um líquido de odor forte. Essa decomposição ocorre do interior para o exterior do fruto, progredindo, inicialmente, da região estilar para a região do pedúnculo.

A ocorrência desse distúrbio pode estar associada a desequilíbrios nutricionais (PEDROSA, 1997), como na relação nitrogênio/cálcio, em decorrência de temperaturas noturnas elevadas, dificultando a migração do cálcio para as folhas. Excesso de água próximo à colheita, proveniente da irrigação ou de chuvas, e injúrias por impacto também estão associados à ocorrência desse distúrbio. Dependendo da cultivar, outro fator que contribui para a liberação precoce das sementes é o excesso de cloro na adubação, como proveniente dos fertilizantes cloreto de cálcio e cloreto de potássio (SILVA et al., 2003).

A ocorrência desse distúrbio é mais comum de outubro a dezembro, quando a temperatura noturna atinge valores mais altos, com menor amplitude térmica diária.

Deformações de frutos

O meloeiro pode apresentar vários tipos de deformações de frutos, os quais podem ser causados por diversos fatores: a) o crescimento vegetativo muito vigoroso leva a planta a competir com o fruto pelos fotoassimilados, fazendo com que ocorra a formação de frutos compridos (BRANDÃO FILHO; VASCONCELLOS, 1998); b) polinização deficiente que pode formar frutos defeituosos ou com má cicatrização estilar, os quais não atingem a classificação comercial (PEDROSA, 1997); c) desequilíbrio hídrico na fase inicial de desenvolvimento, que pode promover a ocorrência de frutos denominados “cabacinha”, os quais se caracterizam pelo afinamento da região próxima ao pedúnculo (SILVA et al., 2003).



Rachaduras

A rachadura caracteriza-se pela ruptura do fruto e pode contribuir para a penetração de microrganismos (Figura 11). A ruptura dos tecidos é devido a uma expansão desordenada ou um fenômeno de turgidez, ocasionada por adubação desbalanceada e/ou manejo inadequado da água (prolongados períodos de deficit hídrico, seguidos de irrigação em excesso). Segundo Silva et al. (2003), o potássio é o nutriente mais importante para a planta regular a sua turgescência dos tecidos e resistir aos estresses hídricos.



Foto: Rui Sales Jr.

Figura 11. Fruto do meloeiro rachado.

Queimadura ou escaldadura pelo sol

Os frutos expostos diretamente à luz solar e altas temperaturas desenvolvem áreas de aspecto esbranquiçado (Figura 12). Esse tipo de queimadura pode ser minimizada mantendo-se uma folhagem mais exuberante próximo da colheita, o que proporciona maior cobertura dos frutos (BERNHARDT, 1988 citado por SILVA et al., 2003). Alguns produtores aplicam sobre os frutos uma fina camada de diatomita (substância amorfa constituída de acumulação de carapaças fossilizadas de algas diatomáceas microscópicas) para evitar queimadura (SALDANHA, 2004) ou fazem o ensacamento dos frutos com sacos de papel ou os enrolam com jornal.



Foto: Rui Sales Jr.



Figura 12. Frutos do meloeiro com queimadura pelo sol.

Mancha de encosto

A mancha de encosto é também conhecida pelos produtores de melão pelo nome de “barriga branca”. Consiste em uma área na superfície do fruto a qual fica em contato com o solo e se torna descolorida durante o desenvolvimento e amadurecimento do fruto.

Isso ocorre em virtude da falta da incidência de luz na citada área do fruto, não havendo síntese de pigmentos (PEDROSA, 1997). Em melões rendilhados, como Cantaloupe, Gália e algumas cultivares de Charentais, além de desenvolverem a mancha de encosto, também perdem o rendimento, comprometendo a qualidade comercial, principalmente para o mercado externo. A redução da mancha de encosto ocorre com a realização de leves torções nos frutos, em ângulos de, no máximo, 30 graus.



Podridão apical

Ocorre na parte apical do fruto, a qual desenvolve uma coloração escura que pode progredir provocando o apodrecimento da região afetada. Esse distúrbio fisiológico está associado à deficiência de cálcio, alternâncias de períodos úmidos e secos, danos ao sistema radicular e excessos de sais.

Para o controle da podridão apical, o solo deve estar coberto com o intuito de manter constante a umidade. Costuma-se também aplicar fertilizantes contendo cálcio e reduzir as aplicações de nitrogênio amoniacal (SILVA et al., 2003). Outra medida preventiva empregada é a calagem, pois eleva a saturação por bases do solo e mantém teores adequados de Ca e Mg (CRISOSTOMO et al., 2003).

Principais pragas do meloeiro

As principais pragas do meloeiro nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, em ordem decrescente de importância, são: mosca-minadora, *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), mosca-branca, *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) e a broca-das-cucurbitáceas, *Diaphania hyalinata* e *Diaphania nitidalis* (Lepidoptera: Crambidae).

Mosca-minadora

A mosca-minadora é um pequeno inseto que mede cerca de 2 mm, possui corpo de coloração preta com partes amareladas (Figura 13A). A fêmea desse pequeno inseto deposita seus ovos no interior das folhas, dos quais nascem larvas, que desde seu nascimento alimentam-se da parte interna da folha. À medida que as larvas vão se desenvolvendo, vai aumentando o consumo da folha. Quando a folha atacada é vista por cima, percebe-se uma série de galerias ou minas, que correspondem, justamente, à parte que a praga consumiu (Figura 13B). Depois de percorrer e consumir vários centímetros do mesófilo foliar, a larva sai do interior da folha e vai para o solo, onde se transforma em pupa. A duração de cada uma das fases é a seguinte: ovo (1-2 dias), larva (5-6 dias), pupa (6-7 dias) e adulto (10-15 dias).

As plantas atacadas diminuem a capacidade de realizar fotossíntese, devido à destruição de várias partes verdes da folha. Consequentemente, as plantas não conseguem produzir satisfatoriamente e os frutos não têm o teor de açúcar adequado para ser comercializado, principalmente no mercado externo.



Quando o ataque da praga é muito severo, pode haver perda total das folhas da planta, ocasionando a morte dela ou uma perda significativa da produção, devido à queimadura dos frutos por excesso de radiação solar.

Fotos: Elaine Facco Celin



Figura 13. Planta infestada (A) e detalhe da folha com minas, larva e adultos da mosca-minadora (B). Parte de baixo da folha do meloeiro infestada por mosca-branca (C). Fruto atacado por *Diaphania* spp. (D).

As principais medidas de controle adotadas são as seguintes: 1) utilização de sementes ou mudas em bom estado fitossanitário; 2) proteção da planta com o tecido não tecido (TNT); 3) instalação de novos plantios em sentido contrário à direção do vento; 4) utilização de lona plástica amarela, impregnada com óleo, nas laterais da área de plantio; 5) utilização de inseticidas seletivos a inimigos naturais e realização da rotação de inseticidas; 6) aplicação de inseticida apenas quando a praga atingir o nível de dano econômico; 7) destruição dos restos de cultura logo após a colheita dos frutos. No Brasil, para as condições de Semiárido, o controle é efetuado quando são encontradas quatro larvas vivas ou dez adultos, em 20 folhas amostradas (GUIMARÃES, 2005).



Mosca-branca

O adulto da mosca-branca mede cerca de 2-3 mm de comprimento e possui o corpo recoberto por uma substância pulverulenta de coloração branca. Os adultos se abrigam na parte de baixo das folhas do meloeiro, onde as fêmeas depositam seus ovos (Figura 13C). Após alguns dias surgem as ninfas, que inicialmente são móveis e após alguns minutos fixam-se nas folhas. Após completar seu desenvolvimento, as ninfas originam os novos adultos, que irão recomençar todo o ciclo novamente.

Quando o ataque é intenso verificam-se grandes colônias na parte de baixo das folhas com a presença de todas as fases do inseto. A duração de cada uma das fases da mosca-branca é de: ovo (3-5 dias), ninfa (12-15 dias) e adulto (14-18 dias).

A mosca-branca (adulto e ninfa) alimenta-se sugando a seiva da planta. Durante a sucção da seiva da planta, a praga injeta toxinas, que prejudicam ainda mais o desenvolvimento da planta. Além disso, os adultos são vetores de viroses, por exemplo, a virose do amarelão do meloeiro (MYaV). Adicionalmente, durante o processo de alimentação, a mosca-branca excreta um líquido açucarado que favorece o desenvolvimento de um fungo preto (*Capnodium* spp.), o qual é conhecido como fumagina e compromete a fotossíntese da planta.

O controle da mosca-branca é realizado seguindo os princípios do MIP, adotando-se várias medidas como: 1) realizar o plantio no sentido contrário à direção do vento; 2) uso de mudas ou sementes sadias; 3) quando possível, proteger a planta com o tecido não tecido (TNT); 4) destruição dos restos da cultura logo após a colheita dos frutos; 5) utilização de inseticidas seletivos aos inimigos naturais; 6) utilização de produtos específicos (ex., imidacloprid, tiametoxam, acetamiprido e buprofezin) e realização da rotação de inseticidas pertencentes a diferentes grupos químicos; 7) outras culturas hospedeiras da praga evitadas próximas ao plantio de melão (SENAR, 2007). Também deve ser evitado o plantio de novas áreas de cultivo próximas de outras culturas hospedeiras da mosca-branca.

Broca-das-cucurbitáceas

Diaphania spp. é uma mariposa que mede cerca de 30 mm de envergadura e 15 mm de comprimento. Essa mariposa tem coloração marrom-violácea com as asas apresentando uma área central amarelada semitransparente e



os bordos de cor marrom violácea. *D. hyalinata* apresenta asas com as áreas semitransparentes, brancas e a faixa escura dos bordos mais retilínea.

As fêmeas de ambas as espécies podem efetuar a postura nas folhas, ramos, flores ou frutos. As lagartas são esverdeadas, podem atingir cerca de 20 mm de comprimento e se alimentam de qualquer parte da planta, sobretudo dos frutos (Figura 13D). Após completar a fase larval, passam à fase de pupa, a qual pode ocorrer no solo ou sobre as folhas secas. Depois de alguns dias, surge o adulto. A duração de cada uma das fases é a seguinte: ovo (2-3 dias), larva (9-10 dias) e pupa (12-14 dias).

As lagartas desses lepidópteros se alimentam das folhas da planta, afetando seu desenvolvimento. Quando o ataque é intenso, pode haver destruição completa da planta. De modo geral, as lagartas recém-eclodidas penetram nos frutos ainda muito pequenos, destruindo-os internamente. Quando as lagartas abandonam os frutos, deixam orifícios que favorecem a penetração de microrganismos. No polo Jaguaribe-Açu, as infestações são mais acentuadas nos meses chuvosos – de janeiro a maio.

O controle dessa praga, nas condições do Nordeste brasileiro, é realizado basicamente por meio da utilização de inseticidas (*Bacillus thuringiensis* – biológico). Os produtos devem ser aplicados, principalmente, no início da fase de frutificação para evitar que as lagartas penetrem nos frutos em formação.

Colheita e pós-colheita

O ponto de colheita vai depender da variedade utilizada. No entanto, o ciclo na região varia entre 55 e 70 dias, dependendo do tipo de melão. Atualmente, as grandes fazendas já praticam a colheita semimecanizada (Figura 14A).

Para os melões do grupo *inodorus*, que são colhidos quando atingem a maturação plena, características como idade fenológica, teor de sólidos solúveis e coloração da casca são indicadores do ponto de colheita. Para frutos dos melões do grupo *cantaloupensis*, linhas na casca que marcam a zona de abscisão peduncular (Figura 14B) determinam o ponto de colheita.

A colheita é feita utilizando-se pequenas facas afiadas ou tesouras de poda, deixando-se o pedúnculo com um comprimento de 1 cm a 3 cm. Os horários mais quentes do dia são evitados para colheita de híbridos com frutos aromáticos (climatéricos), sendo realizadas várias colheitas em um mesmo cultivo.



Figura 14. Colheita e pós-colheita de melões: (A) colheita semimecanizada; (B) detalhe da cicatriz na inserção do pedúnculo no fruto de melão Cantaloupe; (C) melões Amarelos imersos em tanque com água clorada; (D) seleção em ambiente refrigerado, necessário a melões cantaloupensis; (E) melões Amarelos na redinha.



Os frutos recém-cortados permanecem sob as folhas da planta como forma de protegê-los dos raios solares até o carregamento para a casa de embalagem (*packing house*). Esse transporte é realizado no mesmo dia, visando garantir qualidade e conservação pós-colheita, em carretas puxadas por tratores, devidamente forradas com borracha para evitar impactos nos frutos. Os veículos são identificados com papeletas contendo todas as informações do campo, necessárias ao registro dos produtos e para compor o código de rastreabilidade, que recebem no processo de embalagem.

Na chegada ao galpão, os frutos são recebidos de acordo com o tratamento pós-colheita destinado a cada variedade. No caso dos *cantaloupensis*, os frutos são imersos em água resfriada à temperatura de aproximadamente 5 °C, para, em seguida, serem submetidos a um pré-resfriamento em túneis, até atingirem a temperatura de polpa ideal para o armazenamento na câmara fria, onde os melões são classificados e embalados. Vale ressaltar que a seleção começa no campo, onde são retirados frutos imaturos, deformados, com manchas, com sintomas de doenças e pragas e os muito pequenos.

No caso das variedades *inodorus*, todo processo é feito a partir da recepção, com a lavagem em água clorada, com 100 ppm a 150 ppm de cloro ativo (Figura 14C). Após a lavagem, os frutos são introduzidos no *packing house* por meio de esteiras móveis (Figura 14D), nas quais são selecionados de acordo com categorias (1ª e 2ª), pré-estabelecidas pelo controle de qualidade, visando atender às exigências de cada cliente.

Os melões são selecionados descartando-se os que apresentem defeitos na casca, como: ranhuras, cicatrizes, danos mecânicos, má-formação, sintomas de patógenos e outros aspectos indesejáveis. A classificação considera o calibre do fruto. A embalagem é feita em caixas de papelão, e os pesos das caixas são padronizados de forma que, por exemplo, uma caixa tipo cinco deve conter cinco frutos que juntos pesam o especificado na caixa. Assim, uma embalagem tipo exportação de melão Amarelo com peso de 10 kg deverá conter cinco frutos de aproximadamente 2 kg cada. Já uma caixa tipo seis deve conter seis frutos de aproximadamente 1,7 kg cada, e assim sucessivamente (Tabela 2). Alguns mercados têm preferência por frutos de calibres maiores (Portugal e Espanha) e outros menores (Inglaterra, Alemanha e Países Baixos).

Para o mercado interno, as caixas são fechadas com tampas, porém com orifícios para ventilação e capacidade para aproximadamente 13 kg. Os melões



nobres recebem um tratamento de embalagem especial nas caixas, nas quais são colocadas bolsas plásticas microporosas, que permitem o prolongamento da vida útil pós-colheita dos frutos. Para cada variedade de melão, existe uma bolsa adequada. Além disso, são colocadas bandejas que acondicionam os frutos sem que eles encostem um no outro, evitando ranhuras. Para melões Honeydew e Amarelo, apenas a bandeja é utilizada, já para o tipo Pele de Sapo, nem bolsas nem bandejas são utilizadas.

Tabela 2. Caixas de papelão utilizadas para exportação (mm) tipo plataforma.

Dimensões (mm)	Peso (kg)
400 x 300 x 157	5
600 x 400 x 157	15
500 x 333 x 145	10
500 x 400 x 185	12

Nos últimos anos, surgiu um novo segmento que foi o “melão da redinha” (Figura 14E). Para esse produto, os frutos são colhidos um pouco mais tarde, com o intuito de concentrar mais sólidos solúveis, tornando-os mais doces. Individualmente, os frutos são embalados numa rede que realça sua cor e aparência. O transporte é todo feito por caminhões, pois a comercialização é nacional, basicamente, para grandes redes de supermercados e sacolões das principais cidades brasileiras.

Após a embalagem, as caixas seguem pela esteira para o processo de acabamento, onde os frutos serão etiquetados, recebendo o tratamento do pedúnculo, o qual será aparado e pincelado com uma solução contendo cera natural e fungicida. Os principais contaminantes pós-colheitas do meloeiro na região são dos gêneros *Fusarium*, *Alternaria* e *Cladosporium*. O tratamento químico pós-colheita é feito utilizando produto com o ingrediente ativo Imazalil (Imidazol), único registrado para a cultura do melão, de acordo com as normas do Ministério da Agricultura (FREITAS, 2003).

As caixas também recebem o código de rastreabilidade com identificações de tipo e variedade de melão, data, lote e fazenda. A rastreabilidade é um



instrumento indispensável para a segurança do produtor, do distribuidor e, conseqüentemente, do consumidor, pois possibilita identificar as causas de eventuais problemas pós-colheita, desde o campo.

Em seguida, as caixas são retiradas da esteira para a formação dos pallets. Essa etapa consiste em empilhar as caixas de um mesmo tipo de melão, mantendo a base e a altura padrão, para o embarque. Os melões empilhados (com exceção do Cantaloupe, que tem seu acabamento já na câmara fria), seguem para o túnel de pré-resfriamento (Gália, Charentais e Honeydew) e depois para a câmara fria, onde são armazenados até o embarque para o porto (Tabela 3).

Tabela 3. Temperaturas de armazenamento e transporte dos tipos comerciais.

Grupo botânico	Tipo	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
<i>inodorus</i>	Amarelo	11	85 – 90
	Honeydew	8	90 – 95
	Pele de Sapo	11	85 – 90
<i>cantaloupensis</i>	Cantaloupe	3	85 – 90
	Gália	5	90 – 95
	Charentais	5	90 – 95

No caso dos melões Amarelos e Pele de Sapo que não passam pelo pré-resfriamento, eles ficam acondicionados nas câmaras até seguirem para seu destino. É também nessa fase que os pallets são marcados com informações referentes ao porto de origem e destino, cliente, variedade, número de caixas e tipo dos frutos. Para tanto, as empresas utilizam código de barras.

A próxima etapa é o transporte dos melões, que é feito de acordo com as temperaturas recomendadas, seja em containers ou em carretas frigoríficas (Tabela 3). Os melões Amarelos e Pele de Sapo seguem em “carga seca” (sem refrigeração) até o porto, no caso de curtas distâncias e se não estiverem submetidos à refrigeração na casa de embalagem (*packing house*); caso contrário, também seguem refrigerados. Nessa fase, é feito todo um monitoramento para que não haja interrupções na cadeia de frio que vem sendo conduzida durante todo o processo, pois, se ocorrerem falhas nessa etapa, a qualidade dos frutos pode ser comprometida, sobretudo dos melões *cantaloupensis*.



Caso o transporte para o porto seja feito em containers, a capacidade é de 20 pallets por container. As carretas refrigeradas comportam de 20 a 24 pallets. No porto de embarque, os melões permanecem nas temperaturas ideais e, dessa forma, seguem no navio até o porto de destino.

Considerações finais

No cultivo de melão no polo agrícola Jaguaribe-Açu, são adotadas modernas técnicas e grande quantidade de insumos, que garantem o sucesso comercial desse agronegócio, gerando consideráveis divisas em pleno Semiárido brasileiro. Por outro lado, da produção de mudas à pós-colheita, esses inúmeros insumos utilizados na cultura do melão precisam ser fabricados e toda essa cadeia de produção é contabilizada no cálculo da pegada ambiental do melão. Desse modo, o uso eficiente de recursos, em especial fertilizantes e água, deve sempre ser buscado no sentido da preservação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água.

Referências

- ADECE. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. 2016. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/adielsousasilva/perimetros-publicos-docearasb>>. Acesso em: 12 jan. 2016.
- BRANDÃO FILHO, J. V. T.; VASCONCELLOS, M. A. S. A. Cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UESP. 1998. Cap 6, p. 161-193.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável Açu-Mossoró**. 2016a. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio001.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2016.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **AliceWeb**. 2016b. Disponível em: <<http://aliceweb2.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2016.
- COSTA, N. D. (Ed.). **Sistema de produção de melão**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 5).
- CRISOSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; VAN RAIJ, B.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISOSTOMO, J. R.; FREITAS, J. de A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 20 p. (Embrapa



Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 14). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9013/1/Ci-014.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

DELLA VECCHIA, P. T. **O cultivo do melão no Brasil**. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/melao/melao.html>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

FREITAS, J. de A. D. de (Ed.). **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 89 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 68). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/7890/1/doc68.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2012.

GUIMARÃES, J. A.; AZEVEDO, F. R. de; BRAGA SOBRINHO, R.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações técnicas para o manejo da mosca-minadora no meloeiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 6 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 107). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9612/1/Ct-107.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

IBGE. **SIDRA**, 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 30 jan. 2016.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DE MEIO AMBIENTE. **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2002. 85 p.

MADRUGA, W. De melão. **Tribuna do Norte**, Natal, 29 set. 1983. Coluna Jornal de WM, p. 2.

NACHREINER, M. L.; BOTEON, M.; PAULA, T. S. Sistema agroindustrial do melão: Mossoró versus Juazeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 40., 2002, Passo Fundo. **Equidade e eficiência na agricultura brasileira**: anais. Passo Fundo: SOBER/UPE, 2002.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão**. Mossoró: ESAM, 1997. 50 p. Apostila.

PINTO, L. Vales e várzeas do Nordeste e sua multiplicação agrícola. **Tribuna do Norte**, Natal, 28 out. 1959. p. 3.

SALDANHA T. R. F. C. **Produção e qualidade de melão Cantaloupe cultivado sob condições diferentes tipos de cobertura do solo e lâminas de irrigação**. 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação). Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró.

SENAR. **Cultivo de melão**: manejo, colheita, pós-colheita. Brasília, DF, 2007. 104 p. (Coleção SENAR).

SILVA, H. R da; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H. R. da; COSTA, N. D. (Ed.). **Melão**: produção aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2003. Cap. 5, p. 23-28.

Capítulo • 4

Acúmulo e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de melão

Valdivia de Fátima Lima de Sousa

Leilson Costa Grangeiro

Arthur Bernardes Cecílio Filho

Juan Waldir Mendoza Cortez

Fernando Antonio Souza de Aragão

Introdução

O meloeiro é uma cultura de ciclo curto, com alta taxa de crescimento da planta e exigente em nutrientes. Essas características, aliadas à baixa fertilidade dos solos, motivam a utilização de doses elevadas de fertilizantes. Segundo Negreiros e Medeiros (2005), as quantidades médias empregadas de NPK nas regiões produtoras dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará são 80 kg ha⁻¹ a 120 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ a 200 kg ha⁻¹ de K₂O, para produtividades ao redor de 30 t ha⁻¹.

Atualmente, é crescente a consciência da importância do uso de plantas que apresentem maior eficiência nutricional, o que proporciona maior rentabilidade pela diminuição da aplicação de fertilizantes, com menor impacto ambiental (ROZANE et al., 2007). Um dos grandes desafios da agricultura moderna é utilizar cultivares adaptadas a solos de baixa fertilidade. Dessa forma, a constatação de diferenças na eficiência nutricional entre as cultivares de melão tem grande relevância prática, pois permite a adoção de regimes diferenciados de adubação nessa cultura.

Apesar da importância do conhecimento sobre a eficiência na aplicação de nutrientes e sobre a cultura do melão para a região do Semiárido nordestino, ainda são escassos os trabalhos desenvolvidos para melhoria desses índices para a cultura. Pouco se conhece sobre a eficiência nutricional do meloeiro, apesar de existirem muitas informações na literatura quanto à nutrição mineral.

O presente capítulo aborda o estudo realizado com avaliação do acúmulo e eficiência de uso de nutrientes em melão. Em seguida, apresenta o estudo de



caso do acúmulo e eficiência do uso de nutrientes em três das variedades mais utilizadas na região produtora de melão do Jaguaribe-Açu: Goldex, Maclaren e Caribbean Gold.

Crescimento, marchas de acúmulo e distribuição de nutrientes em plantas de melão

As curvas de acúmulo de nutrientes permitem conhecer a quantidade dos nutrientes absorvidos durante o ciclo da cultura e sua relação com as diferentes fases fenológicas. Essas curvas são ajustes a modelos matemáticos representativos do crescimento de plantas. Previamente à obtenção das equações que descreverão a marcha de acúmulo de nutrientes, as informações (quantidades de cada nutriente, em uma determinada fenofase ou momento do ciclo cultural) são obtidas multiplicando-se o teor do nutriente pela quantidade de matéria seca da parte amostrada (Acúmulo de N = teor de N nas folhas, aos 15 dias de ciclo, multiplicado pela quantidade de matéria seca de folhas, aos 15 dias de ciclo). No mínimo, seis épocas do ciclo deverão ser amostradas para obter bom ajuste e representatividade do processo. Essa informação é importante no manejo da nutrição da cultura.

No meloeiro, como em outras culturas, a curva de acúmulo de nutrientes obedece à curva que descreve seu crescimento em função do tempo, e é, em geral, uma sigmoide (Figura 1).

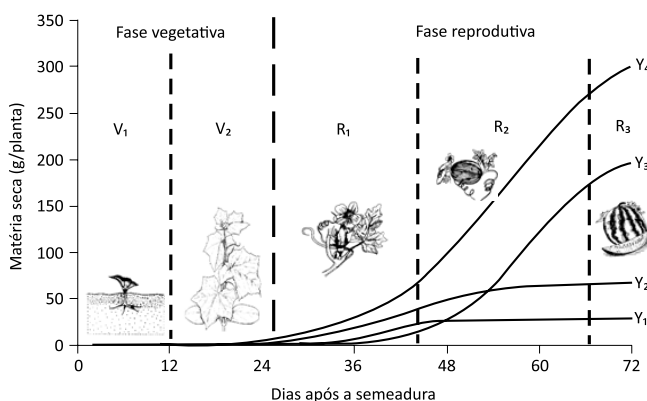


Figura 1. Desenvolvimento do meloeiro em função do tempo (Y_1 : hastes; Y_2 : folhas; Y_3 : frutos; Y_4 : total).

Fonte: Mendoza-Cortez et al. (2014b).



Na fase vegetativa – que se inicia com a semeadura e compreende a germinação da semente, a emergência da plântula, o alongamento da haste principal (estádio fenológico V_1) e a emissão e crescimento de guias secundárias e terciárias até o início do florescimento (V_2) –, o acúmulo de matéria seca no meloeiro é baixo. Na fase reprodutiva, que começa desde o florescimento até o início da frutificação (R_1), observa-se acúmulo crescente de matéria seca na parte aérea, ocorrendo, por conseguinte, a cobertura total do solo. Na sequência, acontece o crescimento dos frutos, caracterizado pelo elevado acúmulo de matéria seca (R_2), verificando-se, ao final desse período, desaceleração na taxa de incremento da matéria seca. Finalmente, no estágio R_3 , a qual se caracteriza pela maturação dos frutos, há uma tendência à estabilização do acúmulo de matéria seca, até o final do ciclo.

Ao final do ciclo, a partição de matéria seca em cultivares do meloeiro varia entre 28% e 46%, na parte vegetativa, e entre 51% e 80% nos frutos (AGUIAR NETO et al., 2014; DAMASCENO et al., 2012; MENDOZA-CORTEZ et al., 2014b; OLIVEIRA et al., 2009; SOTO-ORTIZ, 2008).

De forma geral, as taxas de crescimento e acúmulo de matéria seca assim como o início e duração das fases fenológicas e o ciclo total vão depender do tipo e cultivar de meloeiro, sistema de manejo e práticas culturais, condições do solo e, principalmente, das condições climáticas, com destaque para a temperatura. Portanto, o período de cultivo do meloeiro pode variar de uma região com clima quente para outra de clima temperado entre 70 e 150 dias, respectivamente (AGUIAR NETO et al. 2014; KANO et al., 2010; MELO et al., 2013; MENDOZA-CORTEZ, et al., 2014b; RECHE MÁRMOL, 2008).

Em trabalho realizado em campo, Mendoza-Cortez et al. (2014b) constataram demanda crescente de N, P, K, Ca, Mg e S na cultivar ‘Olimpic Express’, entre 28 e 56 dias após o transplantio (DAT); na cultivar ‘Iracema’, esse fato aconteceu para N e S entre 28 e 56 DAT e, para P, K, Ca e Mg, entre 28 e 49 DAT, coincidindo praticamente, em ambas cultivares, com o período de maior acúmulo de matéria seca (28-56 DAT). Esses autores constataram também que até 40 e 45 DAT nas cultivares ‘Iracema’ e ‘Olimpic Express’, respectivamente, houve absorção de 50% do total de macronutrientes acumulados aos 56 DAT.

Nas cultivares ‘Iracema’ e ‘Grand Prix’, Aguiar Neto et al. (2014) observaram maior demanda de N, P e K entre 45 e 55 DAT, e de Ca e Mg entre 25 e 35 DAT. Os mesmos autores, na mesma época, em outro local de cultivo e avaliando as



mesmas cultivares, verificaram maior demanda de N para ‘Iracema’, entre 35 e 45 DAT, e para ‘Grand Prix’ entre 25 e 35 DAT. A maior demanda por P, K e Mg na cultivar ‘Iracema’ aconteceu no período compreendido entre 25 e 35 DAT e, para a cultivar ‘Grand Prix’, entre 35 e 45 DAT. Para ambas as cultivares, o período de maior demanda de Ca aconteceu entre 25 e 35 DAT.

Avaliando somente N e K em fertirrigação, para um ciclo de 70 DAT, na cultivar ‘Sancho’, Temóteo et al. (2010) verificaram maior exigência de N e K entre 46 e 63 DAT, coincidindo com o período de máximo acúmulo de matéria seca, mostrando que os frutos são drenos preferenciais. Do mesmo modo, Damasceno et al. (2012), avaliando diferentes doses de N e K no meloeiro Cantaloupe ‘Harper’, constataram que as maiores taxas de absorção desses nutrientes variaram com a dose aplicada, estando entre 36 e 49 DAT, para ciclo total de 65 DAT.

Em casa de vegetação, Rincon et al. (1998), avaliando a cultivar ‘Toledo’, com ciclo total de 125 DAT, constataram maior velocidade de absorção de K a partir do início do crescimento dos frutos, no intervalo de 65 a 105 DAT, já para o N e P esse processo foi observado a partir do período de crescimento acelerado dos frutos (85 DAT). Para o Ca e Mg, esses autores verificaram maiores velocidades de absorção nos períodos iniciais do crescimento. No meloeiro rendilhado híbrido ‘Bônus n° 2’, cultivado em ambiente protegido, Kano et al. (2010) verificaram que o período de maior absorção de N e Ca aconteceu entre 20 a 52 DAT (início do florescimento até o início da frutificação), para o P e K entre 20 e 72 DAT (início do florescimento até o meio da época de frutificação), e para o Mg e S entre 20 e 97 DAT (início do florescimento até a colheita). Esses autores também observaram que, até 52 DAT, esse híbrido absorveu mais de 50% de macronutrientes do total acumulado aos 97 DAT, exceto o Mg (43%) e S (46%).

A exportação de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos, em diversas cultivares de meloeiro, variou de 58% a 74%, 58% a 90%, 55% a 88%, 46% a 57%, 28% a 62% e 39% a 57%, respectivamente (SOTO-ORTIZ, 2008; MELO et al., 2013; AGUIAR NETO et al., 2014; MENDOZA-CORTEZ, et al., 2014b).

Na produção de matéria seca, fatores como o potencial genético da planta, fatores climáticos (temperatura, luminosidade, precipitação pluvial, etc.), sistemas de manejo (hidroponia, campo), práticas culturais (desbaste de plantas, poda, raleamento de frutos, uso de reguladores de crescimento, controle



fitossanitário, etc.) e condições do solo (umidade, fertilidade, salinidade, acidez, aeração, etc.) contribuem para as diferenças nas taxas de absorção, acúmulo total e exportação de nutrientes.

Eficiência de uso de nutrientes em plantas de melão

A eficiência de uso ou de utilização de nutrientes, também denominada de eficiência nutricional (EN), tem diversas definições, que variam principalmente em função do tipo de estudo e do objetivo da pesquisa e, segundo Gourley et al. (1994), divide-se basicamente entre aquelas que consideram o requerimento interno do nutriente na planta e aquelas que enfatizam a produtividade. Entretanto, a definição mais usual diz respeito à capacidade de a planta produzir em solo pobre de determinado nutriente (STEWART, 2007).

Graham (1984) define EN como sendo a produção relativa de um genótipo em solo deficiente em comparação com sua produção no nível ótimo de nutrientes. Para Cooke (1987), é o aumento de produtividade por unidade de nutriente aplicado, enquanto, para Israel e Rufty Júnior (1988), trata-se da relação entre a biomassa total e a quantidade de nutriente absorvido. Para Baligar et al. (2001), o termo eficiência é utilizado para diferenciar as espécies de plantas, genótipos e cultivares pela sua habilidade em absorver e utilizar os nutrientes. Para Hawkesford (2011), é a relação entre a produção (grãos, frutos ou biomassa total) e o nutriente disponível.

A absorção, o transporte e a redistribuição de nutrientes possuem controle genético. Assim, existe a possibilidade de melhorar e/ou selecionar cultivares mais eficientes quanto ao uso de nutrientes (GERLOFF; GABELMAN, 1983). A eficiência de absorção de nutrientes pela raiz e a preferência por determinado elemento são características determinadas geneticamente, sendo que as plantas são capazes de absorver esses nutrientes contra um gradiente de concentração e acumulá-los, especialmente, no vacúolo (LARCHER, 2000). Portanto, mesmo que cultivares de uma espécie apresentem capacidades similares na absorção ou no acúmulo de um determinado nutriente, pode ocorrer grande diferença entre elas na produção de biomassa, resultante de diferenças na eficiência nutricional (ROBERTS, 2008).

Diversos mecanismos relacionados às características morfológicas e fisiológicas da planta colaboram para melhor utilização dos nutrientes, tais como: sistema radicular extenso (que possibilita a exploração de maior volume



do solo), alta relação entre raízes e parte aérea, habilidade do sistema radicular em modificar a rizosfera (possibilitando superar baixos níveis de nutriente), maior eficiência de absorção ou utilização de nutrientes, capacidade de manter o metabolismo normal com baixo teor de nutriente nos tecidos e alta taxa fotossintética (HAWKESFORD, 2012).

Segundo Franzini (2010), a eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de cinco maneiras: i) eficiência agrônômica – produção econômica obtida por unidade de nutriente aplicado; ii) eficiência fisiológica – produção biológica obtida por unidade de nutriente acumulado; iii) eficiência na produção de grãos – produção de grãos obtida por unidade de nutriente acumulado; iv) eficiência de recuperação do nutriente aplicado – quantidade de nutriente acumulado na planta por unidade de nutriente aplicado; e v) eficiência de utilização – produto das eficiências fisiológica e de recuperação.

Na cultura do melão, os estudos relacionados à eficiência nutricional são escassos. Os poucos existentes estão relacionados à avaliação de eficiências de doses de nutrientes, como o descrito por Mota e Amaro Filho (2001), que avaliaram EN em melão amarelo ‘AF 646’ quanto às doses de nitrogênio (N) e constataram que as maiores eficiências agrônômica ($161,29 \text{ kg kg}^{-1}$) e de recuperação (75,7%) foram alcançadas com a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N e a de translocação ($0,377 \text{ kg kg}^{-1}$) na dose de 200 kg ha^{-1} de N. Trabalhando com a mesma cultivar, Monteiro et al. (2008) não constataram diferença significativa entre as doses de N aplicadas na eficiência relativa de uso de N (EURN); entretanto, houve uma tendência de maior EURN com a dose de 75 kg ha^{-1} de N.

Oliveira et al. (2008) verificaram que a eficiência agrônômica em melão ‘Gália’ foi influenciada pela interação das doses de N e K e lâminas de irrigação, sendo maior ($305,57 \text{ kg kg}^{-1}$) com a aplicação de 42 kg ha^{-1} de N, 106 kg ha^{-1} de K_2O e lâmina de irrigação de 358 mm.

Outros estudos relacionando adubação com produtividade do meloeiro foram desenvolvidos por Queiroga et al. (2007), com as cultivares de melão Cantaloupe Torreon e Fleuron, em ambiente protegido. Os autores verificaram que a dose de $309,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N favoreceu a máxima produtividade comercial. Já no melão amarelo, cultivar Frevo, a maior produtividade foi obtida na faixa de 161 a 170 kg ha^{-1} de N (BARDIVIESSO et al., 2013). Com fósforo, Abrêu et al. (2011) estimaram que a dose de $273,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 favoreceu maior produção em melão amarelo ‘Goldex’, enquanto Mendoza-Cortez et al. (2014a) observaram



que as produtividades comercial e total do melão Cantaloupe ‘Olimpic Express’ foram maximizadas com 275 e 310 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente, e, para melão amarelo ‘Iracema’, essas produtividades foram obtidas com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Com potássio, Sousa et al. (2005), avaliando a resposta da cultivar de melão amarelo ‘Eldorado 300’ a doses de N e K, observaram interação desses nutrientes na massa dos frutos e na produtividade, com máximo obtido com 100 kg ha⁻¹ de N e 370 kg ha⁻¹ de K₂O. Bardivieso et al. (2009) obtiveram máxima produtividade com 136,8 kg ha⁻¹ de K₂O e, para os melões Cantaloupes ‘Rafael’ e ‘Caribbean Gold’, a combinação de 140,2 kg ha⁻¹ de N e 149,5 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionaram a maior produtividade (DANTAS, 2010).

Com os resultados apresentados, observa-se que o meloeiro respondeu diferentemente à adubação conforme a cultivar, local e sistema de produção. Essa informação é importante e deve ser levada em consideração pelos produtores no planejamento dos programas de fertilização e na seleção da cultivar a ser plantada. Na prática, a constatação de diferenças na eficiência nutricional entre as cultivares permite a adoção de regimes diferenciados de adubação, podendo reduzir as quantidades de fertilizantes aplicados, o custo de produção e o impacto ambiental.

Estudo de caso: acúmulo e eficiência do uso de nutrientes nas cultivares Maclaren, Goldex e Caribbean Gold no polo produtor Jaguaribe-Açu

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada no distrito de Lagoinha, zona rural de Mossoró, RN, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2013, em solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Argissólico franco arenoso. Da área experimental, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 cm a 20 cm e analisadas no Laboratório de Análise de Solos e Água da Ufersa, apresentando os seguintes resultados: pH_(H2O) = 7,8; Ca = 1,6 cmol dm⁻³; Mg = 0,12 cmol dm⁻³; K = 107,7 mg dm⁻³; Al = 0,0 cmol dm⁻³ e P = 10,6 mg dm⁻³.

O distrito de Lagoinha está situado nas seguintes coordenadas: latitude 5°03’37’’S e longitude de 37°23’50’’W Gr, com altitude aproximada de 72 metros, distando 20 km da cidade de Mossoró, RN. Durante a condução do experimento, a temperatura máxima registrada foi de 30 °C, e a mínima, de 23 °C. A umidade relativa média foi de 62%.



O delineamento utilizado foi em blocos casualizados completos, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelas cultivares de melão: Goldex (Amarelo), Caribbean Gold (Cantaloupe) e McLaren (Gália) e as sub-parcelas pelas épocas de amostragens das plantas: 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 dias após o transplântio das mudas (DAT). Cada parcela foi composta por três fileiras de plantas, com espaçamento de 2,0 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas, com área total e útil de 45 m² e 27,6 m², respectivamente.

A adubação de plantio foi realizada com base na análise do solo e recomendação empregada na região para meloeiro, colocando-se 48,75 kg ha⁻¹ de N, 195 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 97,5 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando a formulação comercial 6-24-12. Em seguida, camalhões foram construídos sobre os sulcos de adubação com 0,2 m de altura e 0,6 m de largura. O sistema de irrigação foi constituído por uma mangueira com gotejadores do tipo autocompensante, com vazão média de 1,5 L h⁻¹, espaçados de 0,3 m e com distância de 2 m entre as linhas.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido para 200 mudas, preenchidas com substrato comercial, as quais permaneceram em casa de vegetação por 12 dias, até o transplântio. As irrigações foram realizadas diariamente, e as lâminas de água foram determinadas com base na evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 1998), sendo aplicados 387 mm durante o ciclo da cultura.

As adubações de cobertura iniciaram-se dois dias após o transplântio, em fertirrigações diárias, no período de 7 a 50 DAT, aplicando-se os totais de 93,8 kg ha⁻¹ de N, 81,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 162,88 kg ha⁻¹ de K₂O. As fontes dos adubos utilizadas foram ureia, monoamônio fosfato (MAP) e cloreto de potássio. O controle fitossanitário e os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas adotadas na região para o meloeiro.

Para quantificação da massa seca da planta, foram amostradas, por parcela, quatro plantas, separadas em raízes, parte vegetativa (folhas + caules) e frutos, lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C a 70 °C, até que atingissem massa constante. Em seguida, as amostras foram processadas em moinho e acondicionadas em recipientes fechados. Em função da massa seca das amostras, foi determinado o acúmulo de massa seca em cada época de coleta, sendo os resultados expressos em g/planta.



As análises químicas para a determinação dos teores de nutrientes, presentes em cada fração do solo, foram realizadas nos extratos obtidos pela digestão sulfúrica (nitrogênio) e nítrico-perclórica (fósforo, potássio, cálcio e magnésio). O nitrogênio foi quantificado pelo método semimicro Kjeldahl, o fósforo, por colorimetria, o potássio, por fotometria de emissão em chama e o cálcio e o magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995). Os resultados das análises forneceram as concentrações dos nutrientes e, para determinar a quantidade desses acumulados em cada fração da planta, foi multiplicada a concentração do nutriente pela massa seca da referida fração. O acúmulo total na planta foi determinado por meio da soma do acúmulo das frações para cada nutriente.

A partir da massa seca e das quantidades de nutrientes nas cultivares de melão, no fim do ciclo, época em que as cultivares apresentaram os máximos acúmulos, foram calculados os índices de eficiência:

– Eficiência de absorção (mg g^{-1}) = (quantidade total do nutriente na planta)/(massa seca de raízes), conforme Swiader et al. (1994).

– Eficiência de transporte (%) = (quantidade do nutriente na parte aérea)/(quantidade total do nutriente na planta) x 100, de acordo com Li et al. (1991).

– Eficiência de utilização (kg kg^{-1}) = (massa seca total produzida)²/(quantidade total do nutriente na planta), segundo Siddiqi e Glass (1981).

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, em caso de significância, ao teste de Tukey a 10% de probabilidade, utilizando-se o *software* SISVAR v.5.3 (FERREIRA, 2007) e análise de regressão com o *software* Table Curve 2D v.5.01 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991).

Crescimento, acúmulo e exportação de nutrientes

As produtividades comerciais de frutos obtidas foram $40,5 \text{ t ha}^{-1}$; $40,8 \text{ t ha}^{-1}$ e $44,3 \text{ t ha}^{-1}$ para as cultivares Goldex, McLaren e Caribbean Gold, respectivamente. Esses valores foram superiores à média do Rio Grande do Norte, no ano de 2012 ($31,1 \text{ t ha}^{-1}$) (IBGE, 2012), sendo que as condições climáticas e fitossanitárias durante o ciclo de cultivo favoreceram à produtividade da cultura.

O crescimento das plantas de meloeiro, expresso pelo acúmulo de massa seca (MS) ao longo do ciclo, foi lento até os 21 dias após o transplantio (DAT), para todas as cultivares, intensificando em seguida. Os máximos acúmulos de MS foram 224,3; 247,9 e 375,8 g/planta para ‘McLaren’, ‘Caribbean Gold’



e 'Goldex', respectivamente, os quais foram obtidos aos 56 DAT, para as duas primeiras cultivares, e aos 63 DAT para 'Goldex' (Figura 2).

Da massa seca total acumulada pelo 'Goldex', as raízes contribuíram com 1,3%, a parte vegetativa (folhas + hastes), 25,2% e frutos, com 73,5%. Nessa mesma ordem para 'Caribbean Gold', a proporção foi de 0,7%, 44,9% e 54,3%, enquanto para 'McLaren' foi 0,7%, 42,6% e 56,7% (SOUZA, 2013). Segundo trabalhos realizados por Silva Júnior et al. (2006), em melão Pele de Sapo, e Damasceno et al. (2012), em Cantaloupe, os frutos também foram os que apresentaram maior acúmulo de massa seca.

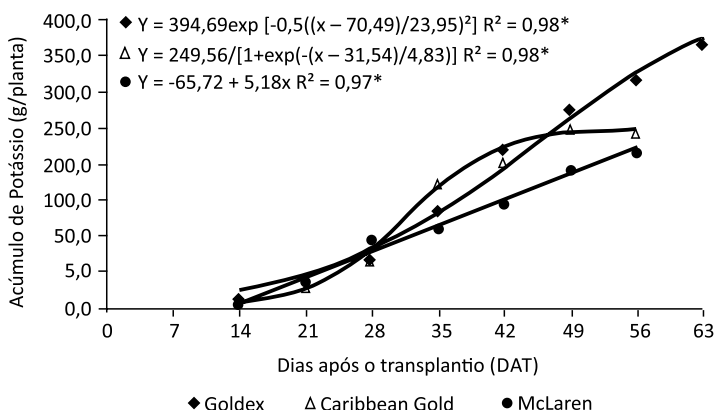


Figura 2. Acúmulo de massa pelas cultivares de meloeiro Goldex, Caribbean Gold e McLaren. Mossoró, RN, 2013.

O acúmulo de nutrientes pelas cultivares de melão foi pequeno até 21 DAT, coincidindo com o período de menor acúmulo de massa seca. No entanto, grande incremento no acúmulo de nutrientes aconteceu após a frutificação.

O nitrogênio (N), segundo nutriente mais acumulado na massa seca total da planta, atingiu o máximo estimado aos 56 DAT, para 'McLaren' (5,6 g/planta) e 'Caribbean Gold' (6,2 g/planta), e aos 63 DAT para 'Goldex' (7,6 g/planta) (Figura 3). Esses valores ficaram próximos aos obtidos por Silva Júnior et al. (2006), para melão Pele de Sapo (6,8 g/planta), e por Mendoza-Cortez et al. (2014b), para as cultivares de melão 'Olimpic Express' (5,1 g/planta) e 'Iracema' (4,6 g/planta). As três cultivares apresentaram período de maior incremento no acúmulo de nitrogênio entre 28 e 35 DAT (Figura 3).

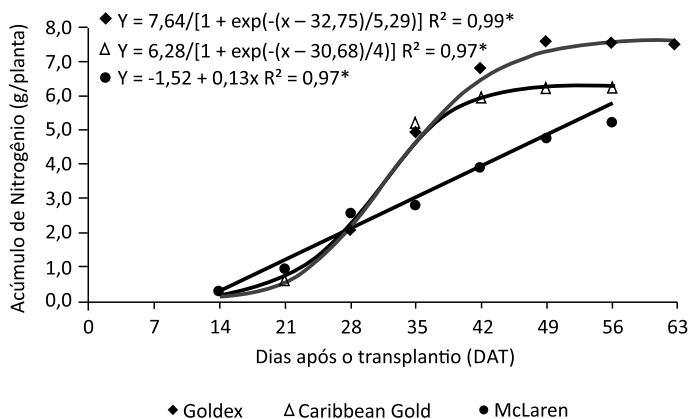


Figura 3. Acúmulo de nitrogênio pelas cultivares de meloeiro Goldex, Caribbean Gold e McLaren. Mossoró, RN, 2013.

O acúmulo máximo estimado de fósforo (P) foi também obtido no final do ciclo, sendo de 0,8 g/planta para 'McLaren', 1,2 g/planta para 'Caribbean Gold' e de 3,2 g/planta para 'Goldex'. O período de maior acúmulo ficou entre 35 e 42 DAT para 'Goldex', 28 a 35 DAT para 'Caribbean Gold' e 21 e 28 DAT para McLaren (Figura 4).

Na cultura do melão, o P é considerado grande promotor da produção e qualidade dos frutos. Sua eficiência é atribuída ao aumento do número de frutos (PRABHAKAR et al., 1985).

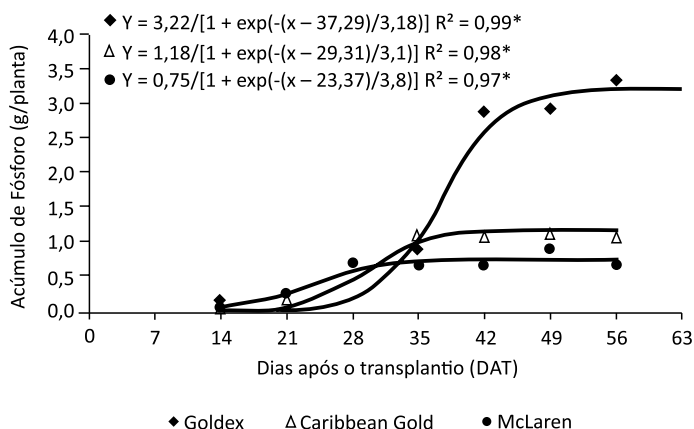


Figura 4. Acúmulo de fósforo pelas cultivares de meloeiro Goldex, Caribbean Gold e McLaren. Mossoró, RN, 2013.



O potássio (K) foi o nutriente acumulado em maior quantidade pelo melão. Os máximos acúmulos estimados para as cultivares Caribbean Gold, McLaren e Goldex foram aos 56 DAT de 10,6, 11,3 e 12,5 g/planta, respectivamente (Figura 5). As maiores demandas ocorreram entre 35 e 42 DAT para ‘Goldex’ e ‘Caribbean Gold’, e entre 28 e 35 DAT para ‘McLaren’.

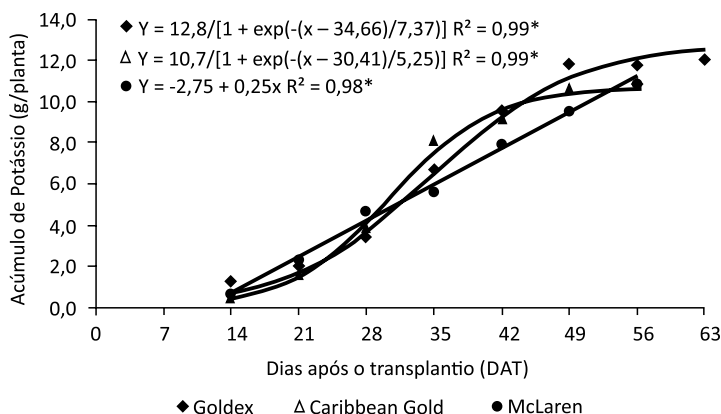


Figura 5. Acúmulo de potássio pelas cultivares de meloeiro Goldex, Caribbean Gold e McLaren. Mossoró, RN, 2013.

O K influencia as características qualitativas do melão, pois é indispensável para a formação e amadurecimento dos frutos e para o aumento de sua textura (FILGUEIRA, 2003). Esse nutriente tem papel relevante na produtividade do melão, mas seu excesso pode causar crescimento vegetativo pouco vigoroso, frutos de menor massa, maturação prematura e diminuição da assimilação de fósforo (HARIPRAKASA; SRINIVAS, 1990; PINTO et al., 1996).

O cálcio (Ca) foi o terceiro nutriente mais acumulado na massa seca das plantas em ‘Caribbean Gold’ e ‘McLaren’ e o quarto no ‘Goldex’, com máximos estimados de 2,8, 1,9 e 3,1 g/planta, respectivamente, obtidos no final do ciclo (Figura 6). As cultivares apresentaram período de maior demanda entre 28 e 35 DAT. Em todo o ciclo, a cultivar Goldex foi superior às demais, quanto ao acúmulo de Ca. O Ca é um dos macronutrientes mais importantes, estando associado à formação de flores perfeitas, à qualidade do fruto e à produtividade. Ele também é muito importante no desenvolvimento das raízes, sendo um nutriente necessário na translocação e armazenamento de carboidratos e proteínas (SENGIK, 2005).

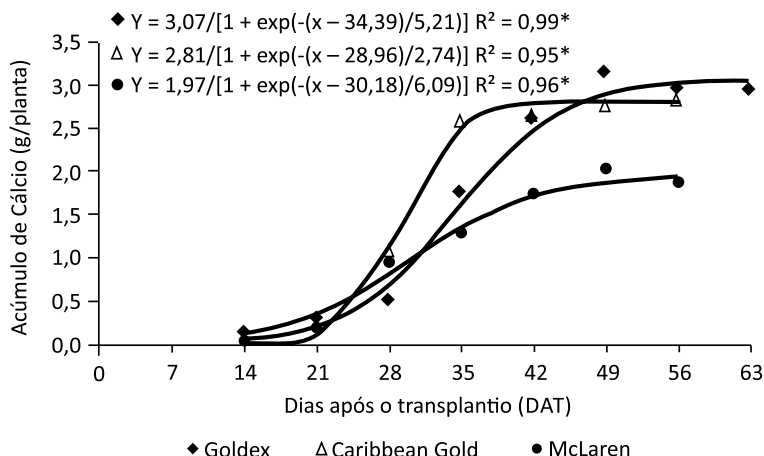


Figura 6. Acúmulo de cálcio pelas cultivares de meloeiro Goldex, Caribbean Gold e McLaren. Mossoró, RN, 2013.

O magnésio (Mg) foi o nutriente menos acumulado pelo meloeiro. As cultivares Goldex, Caribbean Gold e McLaren apresentaram máximas estimadas de 0,6; 0,6 e 0,7 g/planta aos 44, 49 e 63 DAT, respectivamente. O período de maior acúmulo foi de 28 a 35 DAT (Figura 7).

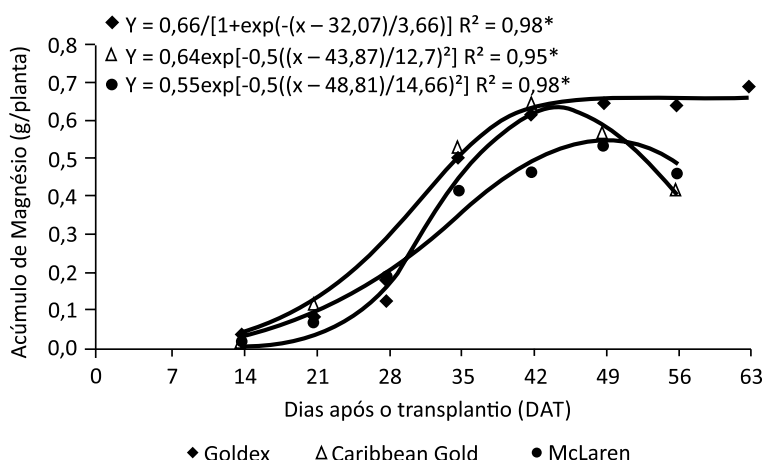


Figura 7. Acúmulo de magnésio pelas cultivares de meloeiro Goldex, Caribbean Gold e McLaren. Mossoró, RN, 2013.



No momento da colheita, 63 DAT para a cultivar Goldex, os frutos correspondiam a 70% da massa seca da planta. Do total dos nutrientes acumulados por essa cultivar, os frutos participaram com 67% do N na planta, 58% do P, 75% do K, 19% do Ca e 32% do Mg. Nas cultivares Caribbean Gold e McLaren, a colheita ocorreu aos 56 DAT, momento em que os frutos correspondiam a 53% e 47% da massa seca total, respectivamente. Para Caribbean Gold, os frutos participaram com 76% do N, 64% do P, 71% do K, 20% do Ca e 41% do Mg; já para 'McLaren', eles correspondiam a 62% do N, 67% do P, 55% do K, 13% do Ca e 20% do Mg (SOUSA, 2013).

Os nutrientes N, P e K, portanto, acumularam-se preferencialmente nos frutos, ao passo que Ca e Mg, na parte vegetativa.

As quantidades de macronutrientes exportadas pelos frutos (Tabela 1) representam importante componente de perdas de nutrientes do solo, que deverão ser restituídos, ao passo que os nutrientes contidos na parte aérea podem ser incorporados ao solo, dentro de um programa de reaproveitamento de restos culturais.

Tabela 1. Quantidades de N, P, K, Ca e Mg exportadas pelos frutos das cultivares de melão Caribbean Gold, Goldex e McLaren. Mossoró, RN, 2013.

Cultivar	N	P	K kg ha ⁻¹	Ca	Mg
Caribbean Gold	76,3	12,7	126,5	9,3	2,8
Goldex	84,5	30,8	156,9	9,8	3,5
McLaren	58,3	8,3	103,8	4,2	1,7

Índices de eficiência nutricional

Eficiência de absorção

Houve tendência de maior eficiência de absorção de nitrogênio pela cultivar McLaren, assim como também há uma tendência de maior eficiência de absorção de fósforo e cálcio pela cultivar Caribbean Gold. Entretanto, não foram verificadas diferenças, pelo teste de Tukey, entre as cultivares para essas características (Tabela 2).

Quanto à eficiência de absorção de potássio, verificou-se que a cultivar McLaren foi a que apresentou maior índice de absorção, não diferindo estatisticamente da Caribbean Gold. Para o magnésio, a cultivar Goldex



apresentou o menor índice de eficiência de absorção, as demais cultivares não diferiram entre si. Analisando a eficiência de absorção dos nutrientes estudados, pode-se concluir que a cultivar Goldex apresentou menores índices de absorção. As demais cultivares apresentam resultados semelhantes entre si.

Diversos trabalhos têm mostrado que diferentes cultivares de várias espécies apresentam características diferentes em relação à capacidade de absorção e utilização de nutrientes. Moura et al. (2001) constataram variabilidade genética entre linhagens de pimentão para eficiência de absorção, sendo que a linhagem mais eficiente na absorção de P apresentou menor eficiência de enraizamento. Para os autores, tal fato indica que, apesar da menor produção de matéria seca de raiz por unidade de P absorvido, a planta possui um sistema radicular bastante eficiente na aquisição de P do solo. Oliveira et al. (2009) verificaram diferenças entre linhagens de tomate tanto para eficiência na absorção dos nutrientes quanto na resposta à adubação.

Entre os nutrientes, K e N foram, nas três cultivares, os de maior eficiência de absorção, enquanto o Mg foi o de menor eficiência (Tabela 2).

Tabela 2. Eficiência de absorção dos nutrientes pelas cultivares de melão. Mossoró, RN, 2013.

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg
	mg g ⁻¹				
Goldex	1537,3a	261,3a	2615,9b	497,2a	39,8b
Caribbean Gold	3790,1a	407,5a	6031,6ab	1126,4a	187,4a
McLaren	3892,5a	258,5a	7317,4a	937,1a	173,0a
CV(%)	37,5	23,2	32,6	35,8	23,5

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Segundo Deus (2012), o K e o N são os dois nutrientes mais extraídos pelo meloeiro, e juntos correspondem a mais de 80% do total de nutrientes extraídos pela planta, com valores em torno de 45% e 38%, respectivamente.

Eficiência de transporte

As cultivares de melão, com exceção do N e do K, diferiram significativamente quanto à eficiência de transporte dos nutrientes. ‘Caribbean Gold’ obteve maiores índices de eficiência de transporte de K, Ca e Mg das raízes para a parte aérea, enquanto ‘McLaren’ foi mais eficiente em transportar P, embora não tenha diferido significativamente da ‘Caribbean Gold’ (Tabela 3).

**Tabela 3.** Eficiência de transporte de nutrientes pelas cultivares de melão. Mossoró, RN, 2013.

Cultivar	N	P	K %	Ca	Mg
Goldex	24,9a	10,7b	18,6b	73,4b	66,4b
Caribbean Gold	26,3a	47,8a	38,6a	92,3a	79,6a
McLaren	29,7a	50,0a	31,9a	88,5a	63,8b
CV(%)	18,8	13,5	11,2	2,5	8,0

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Embora a cultivar ‘Goldex’ tenha apresentado valores inferiores na eficiência de transporte para os nutrientes estudados, não é possível inferir que ela tenha sido menos eficiente, pois produziu quantidade de massa seca superior às demais. Entretanto, ‘Caribbean Gold’ e ‘McLaren’ apresentaram, ao final do ciclo, percentualmente acúmulos maiores de nutrientes na parte vegetativa (folhas + hastes) em relação à ‘Goldex’, ou seja, nesta última houve maior redistribuição dos nutrientes da parte vegetativa para os frutos (Tabela 1). Então, a eficiência de transporte foi maior em ‘Caribbean Gold’ e em ‘McLaren’.

O Ca e Mg foram os nutrientes que obtiveram maiores índices de eficiência de transporte, nas três cultivares de melão (Tabela 3). Isso se deveu ao fato de esses nutrientes apresentarem baixa mobilidade na planta, dificultando a redistribuição deles e contribuindo para sua concentração na parte vegetativa, em relação aos frutos. Esse fato foi verificado também por Terceiro Neto et al. (2012), em cultivares de melão Pele de Sapo, e por Aguiar Neto et al. (2014), em melão Amarelo e Cantaloupe.

Eficiência de utilização de nutrientes

As cultivares de melão apresentaram diferenças significativas na eficiência de utilização de nutrientes para produção de massa seca para todos os nutrientes, com exceção do P, que não apresentou diferença significativa entre as cultivares (Tabela 4).

Os maiores índices de eficiência de utilização de N, K, Ca e Mg obtidos pela ‘Goldex’ estão relacionados também à maior produção de massa seca por planta dessa cultivar. Esse resultado demonstra que ‘Goldex’ teve maior habilidade em converter em biomassa os nutrientes acumulados, em relação às demais cultivares. Lima (2001) verificou que a eficiência de utilização de



nutrientes em híbridos de melão é baixa na fase inicial de crescimento da cultura, aumentando progressivamente até atingir um ponto de máximo, que coincide com a maior produção de biomassa pela planta e com menor concentração de nutriente na matéria seca. Segundo o mesmo autor, a eficiência de utilização dos nutrientes pelos híbridos de melão apresentou a seguinte ordem decrescente: $Mg > P > K > S > Ca > N$ e $Zn > Cu > Mn > Fe$.

Tabela 4. Eficiência de utilização dos nutrientes pelas cultivares de melão para produção de massa seca da planta. Mossoró, RN, 2013.

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg
	----- kg de MS/g de nutriente -----				
Goldex	17736,6a	110427,2a	10280,6a	52230,1a	682625,5a
Caribbean Gold	8611,9b	79838,2a	5457,8b	29688,3b	178867,2b
McLaren	7537,1b	106868,8a	3857,1b	30439,6b	161006,9b
CV(%)	27,3	31,8	20,0	21,0	36,5

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Balemi e Schenk (2009) constataram diferenças entre os genótipos de batata na eficiência de utilização de P, de modo que aqueles com maior eficiência de utilização apresentaram maior produção de massa seca. Esse resultado difere dos observados por Fernandes e Soratto (2013), que não verificaram diferença significativa entre as cultivares de batata para a eficiência de utilização de nutrientes para produção de massa seca total e de tubérculos.

O Mg foi o nutriente que apresentou maior índice de eficiência de utilização, seguido de P, Ca, N e K. Portanto, é possível inferir que aqueles nutrientes mais acumulados pelas cultivares apresentaram menores índices de eficiência de utilização. De acordo com Bridgham et al. (1995), a eficiência de utilização diminui com o aumento da disponibilidade do nutriente no substrato, de modo que, nessa condição, a produção de biomassa pelas plantas não sofre incremento na mesma proporção que a absorção e acúmulo do nutriente nos tecidos, havendo, nesse caso, um declínio na utilização interna do nutriente para a produção de biomassa (SIDDIQI; GLASS, 1981).



Considerações finais

No estudo de caso, pode-se concluir que:

- As cultivares de melão apresentam crescimento, expresso pelo acúmulo de massa seca, lento até os 21 DAT.
- O acúmulo de nutrientes segue o padrão da curva de acúmulo de massa seca pelas plantas, obedecendo a ordem para cultivar Goldex de $K > N > P > Ca > Mg$ e, para Caribbean Gold e McLaren, de $K > N > Ca > P > Mg$.
- A cultivar Goldex apresenta menor eficiência de absorção e transporte, porém maior eficiência de utilização para os nutrientes estudados.

Diante das possibilidades oferecidas pela eficiência nutricional e da importância do melão para a região do Semiárido nordestino, reforça-se a necessidade de pesquisas que visem desenvolver genótipos de melão com boas características de eficiência nutricional. Portanto, a avaliação da eficiência nutricional em meloeiro pode constituir importante ferramenta para o conhecimentos dos aspectos nutricionais, contribuindo para a adequação do manejo da adubação e, conseqüentemente, para melhoria da pegada de carbono por meio do uso correto e racional dos fertilizantes.

Referências

- ABRÊU, F. L. G. de; CAZETTA, J. O.; XAVIER, T. F. Adubação fosfatada no meloeiro amarelo: reflexos na produção e qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1266-1274, 2011.
- AGUIAR NETO, P.; GRANGEIRO, L. C.; MENDES, A. M. S.; COSTA, N. D.; CUNHA A. P. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura do melão em Baraúna, RN e Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 569-580, 2014.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (FAO. Irrigation and drainage paper, n. 56).
- BALEMI, T.; SCHENK, M. K. Genotypic variation of potato for phosphorus efficiency and quantification of phosphorus uptake with respect to root characteristics. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 5, p. 669-677, 2009.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 32, p. 921-950, 2001.
- BARDIVIESSO, D. M.; MARUYAMA, W. I.; REZENDE, W. E.; PESSATO, L. E.; PEREIRA, A. C. B.;



MODESTO, J. H. Doses de potássio na produção de dois cultivares de melão (*Cucumis melo* L.) In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Cassilândia. **Anais...** Cassilândia: UEMS, 2009.

BARDIVIESSO, D. M.; MARUYAMA, W. I.; REIS, L. L.; SILVA, E. A.; BISCARO, G. A.; OLIVEIRA, A. C. Adubação nitrogenada na produtividade e qualidade de melão amarelo “Frevo” no município de Cassilândia, MS. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 20, p. 140-147, 2013.

BRIDGHAM, S. D.; PASTOR, J.; MCCLAUGHERTY, C. A. RICHARDSON, C. J. Nutrient use efficiency: a litter fall index, a model, and a test along a nutrient availability gradient in North Carolina peat lands. **The American Naturalist**, v. 145, n. 1, p. 1-21, 1995.

COOKE, G. W. Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, p.1357-1369, 1987.

DAMASCENO, A. P. A. B.; MEDEIROS, J. F. de; MEDEIROS, D. C. de; MELO, I. G. C.; DANTAS, D. da C. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo “Harper” fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 137-146, 2012.

DANTAS, D. C. **Função de produção do meloeiro em resposta à fertirrigação nitrogenada e potássica na microrregião de Mossoró**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

DEUS, J. A. L. **Sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o meloeiro com base no balanço nutricional**. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 91-100, 2013.

FERREIRA, D. F. **Sisvar Versão 5.0**. Lavras: UFLA, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FRANZINI, V. I. **Eficiência de uso de fósforo por cultivares de arroz e de feijoeiro e da fixação biológica de nitrogênio por cultivares de feijoeiro**. 2010. 188 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). Inorganic plant nutrition. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Berlim: Springer Verlag, 1983. v. 15b, p. 453-486.

GOURLEY, C. J. P.; ALLAN, D. L.; RUSSELIE, M. P. Plant nutrition efficiency: a comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil**, n. 158, p. 29-37, 1994.

GRAHAM, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: TINKER, P. B.; LÄUCHLI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger Scientific, 1984. v. 1. p. 57-102,



HARIPRAKASA, M.; SRINIVAS, K. Effect of different levels of N, P, K on petiole and leaf nutrients, and their relationships to fruit yield and quality in muskmelon. **Indian Journal of Horticultural Science**, v. 47, n. 2, p. 250-255, 1990.

HAWKESFORD, M. J. An overview of nutrient use efficiency and strategies for crop improvement. In: M. J. HAWKESFORD, M.J.; BARRACLOUGH, P. (Ed.). **The molecular and physiological basis of nutrient use efficiency in crops**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. p. 5-20.

HAWKESFORD, M. J. **Improving nutrient use efficiency in crops**. 2012. Disponível em: <<http://www.els.net/WileyCDA/ElsArticle/refId-a0023734.html>>. Acesso em: 23 out. 2014.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 de out. 2014.

ISRAEL, D. W.; RUFTY JÚNIOR, T. W. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological response in soybean. **Crop Science**, v. 8, p. 954-960, 1988.

JANDEL SCIENTIFIC. **User's manual**. Califórnia: Jandel Scientific, 1991. 280 p.

KANO, C.; CARMELLO, Q. A. de C.; CARDOSO, S. da S.; FRIZZONE, J. A. Acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, sup. 1, p. 1155-1164, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LI, B.; McKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

LIMA, A. A. **Absorção e eficiência de utilização de nutrientes por híbridos de melão (*Cucumis melo* L.)**. 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MELO, D. M.; CHARLO, H. C. de O.; CASTOLDI, R.; GOMES, R. F.; BRAZ, L. T. Nutrient accumulation in 'Fantasy' net melon cultivated on substrate. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1673-1682, 2013.

MENDOZA-CORTEZ, J. W.; CECÍLIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F. H. T. Crecimiento, acumulación de macronutrientes y producción de melón cantaloupo y amarillo. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 72-82, 2014b.

MENDOZA-CORTEZ, J. W.; CECÍLIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C.; OLIVEIRA, F. H. T. Influence of phosphorus fertilizer on melon (*Cucumis melon* L.) production. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 5, p. 799-805, 2014a.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Eficiência do uso da água e nitrogênio na produção de melão. **Irriga**, v. 13, n. 3, p. 367-377, 2008.



MOTA, J. C. A.; AMARO FILHO, J. Índices de eficiência nutricional para nitrogênio em meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Agropecuária Técnica**, v. 22, n. 1/2, p. 53-57, 2001.

MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G.; CRUZ, C. D. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p.174-180. 2001.

NEGREIROS, M. Z. de; MEDEIROS, J. F. de. **Produção de melão no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2005. 110 p. (Coleção Cursos Frutal).

OLIVEIRA, A. R.; OLIVEIRA, A. S.; GIORDANO, L. B.; GOEDERT, W. J. Absorção de nutrientes e resposta à adubação em linhagens de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 498-504, 2009.

OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M. K. T. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 5-11, 2008.

OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; LIMA, C. J. G. de S.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, M. K. T. de; AMÂNCIO, M. das G. Acúmulo e partição de matéria seca, nitrogênio e potássio pelo meloeiro fertirrigado. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, p. 24-31, 2009.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; PEREIRA, J. R.; COSTA, N. D.; BRITO, L. T. de L.; FARIA, C. M. B. de; MACIEL, J. L. **Sistema de cultivo de melão com aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1996. 24 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 36). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/7805/1/CTE36.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

PRABHAKAR, R. B. S.; SRINIVAS, K.; SHUKLA, V. Yield and quality of muskmelon (cv. Hara madhu) in relation to spacing and fertilization. **Progressive Horticulture**, Chaubattia, v. 17, n. 1, p. 51-55, 1985.

QUEIROGA, R. C. F.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FINGER, F. L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 550-556, 2007.

RECHE MÁRMOL, J. **Cultivo del melón en invernadero**. Andalucía: Junta de Andalucía – Consejería de Agricultura y Pesca, 2008. 305 p.

RINCON, L.; SAEZ, J.; PEREZ, J. A.; PELLICER, C.; GOMEZ, M. D. Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. **Investigación Agrária: Producción y Protección Vegetal**, v. 13, n. 1-2, p. 111-120, 1998.

ROBERTS, T. L. Improving nutrient use efficiency. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 32, n. 3, p. 177-182, 2008.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; NATALE, W. Eficiência de absorção, transporte e utilização de macronutrientes por porta-enxertos de caramboleira, cultivados em diferentes soluções nutritivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1020-1026, 2007.



SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2005. 29 p. Disponível em: <<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2014.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA JÚNIOR, M. J. da; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. H. T. de; DUTRA, I. Acúmulo e matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro pele-de-sapo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 364-368, 2006.

SOTO-ORTIZ, R. **Crop phenology, dry matter production, and nutrient uptake and partitioning in cantaloupe (*Cucumis melo* L.) and chile (*Capsicum annuum* L.)**. 2008. 173 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – Department of Soil, Water and Environmental Science, College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona, Arizona.

SOUSA, V. de F. L. de; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. de; HOLANDA FILHO, R. S. F. de. Efeitos de doses de nitrogênio e potássio aplicadas por fertirrigação no meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 210-214, 2005.

SOUSA, V. de F. L. de. **Eficiência nutricional de macronutrientes em meloeiro**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

STEWART, W. M. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. **Informaciones Agronómicas**, v. 67, p. 1-7, 2007.

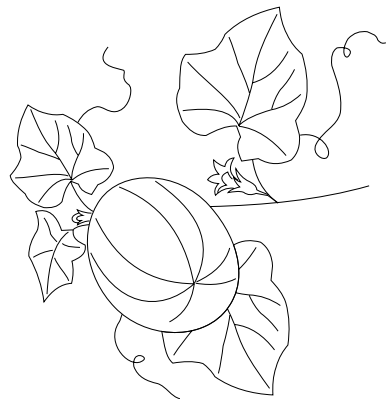
SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJ, F. G. Genotypic differences innitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, 1994.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TEMÓTEO, A. da S.; MEDEIROS, J. F. de; DUTRA, I.; OLIVEIRA, F. de A. de. Crescimento e acúmulo de nitrogênio e potássio pelo melão pele de sapo fertirrigado. **Irriga**, v. 15, n. 3, p. 275-281, 2010.

TERCEIRO NETO, C.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. D. S.; OLIVEIRA, F.; LIMA, K. D. S. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no meloeiro irrigado sob estratégias de manejo da salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1069-1077, 2012.

*Mudanças climáticas:
causas e impactos na produção de
melão*



Capítulo • 1

Mudanças climáticas e agricultura

Rubens Sonsol Gondim

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Aline de Holanda Nunes Maia

Marlos Alves Bezerra

Cristhyan Alexandre Carcia de Carvalho

Introdução

Mudanças climáticas são um conjunto de alterações no estado do clima, que tanto podem ser identificadas por mudanças nas médias das variáveis climáticas quanto na variabilidade das propriedades do clima que persistem por um período extenso, tipicamente décadas ou séculos. Podem ocorrer devido a influências externas, tais como radiação solar e forças internas como o vulcanismo, ocorrendo naturalmente e contribuindo para a variabilidade total natural do sistema climático. Com a Revolução Industrial, ocorreram alterações na composição da atmosfera devido às atividades humanas, as quais passaram a liberar maiores quantidades de gases de efeito estufa (GEE), causadores do aquecimento global. As emissões crescentes de GEE vêm aumentando a temperatura média dos oceanos e do ar, perto da superfície terrestre.

Os principais GEE, em quantidade liberada por atividades humanas, são o dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Esses gases são gerados, principalmente, por atividades ligadas à agricultura, tais como: queima de combustíveis fósseis, rizicultura com irrigação por inundação, mudança no uso da terra (desmatamento), uso de fertilizantes sintéticos e pecuária.

As emissões futuras de GEE são o produto de um sistema dinâmico muito complexo, determinado pelas seguintes forças: crescimento demográfico, desenvolvimento socioeconômico e mudanças tecnológicas. Cenários climáticos são representações do futuro que são consistentes com hipóteses sobre emissões futuras de GEE e outros poluentes, considerando as forças que os influenciam (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2000).



Há um razoável consenso entre os cientistas de que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera aumenta a temperatura global (CARTER et al., 2007). O aumento da temperatura entre a média do período 1850-1900 e a média do período 2003-2012 foi em média de 0,78 °C. Os oceanos têm acumulado a maior parte do aquecimento, servindo como um amortecedor para o aquecimento da atmosfera, estocando mais de 90% da energia do sistema. No entanto, à medida que o oceano aquece, perde a capacidade de absorver gás carbônico, o que pode acelerar os efeitos atmosféricos, quando o gás atingir a saturação (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2014a).

A previsão é que há pelo menos 66% de chance da temperatura global aumentar, no mínimo, 2,5 °C até 2100, em comparação aos níveis pré-industriais (1850 a 1900), caso a queima de combustíveis fósseis continue no ritmo atual e não sejam aplicadas quaisquer políticas climáticas.

Há razoável confiança acerca do aumento da precipitação média sobre áreas de média latitude do hemisfério Norte, a partir de 1901 e alta confiança, após 1951. Para outras latitudes, entretanto, há pouca confiança sobre aumentos ou reduções de longo prazo.

No Brasil, a tendência é que a temperatura aumente em todos os biomas e que as precipitações pluviométricas diminuam, com exceção dos Pampas e Mata Atlântica. Em 2100, estima-se que a temperatura média do Brasil será de 3 °C a 6 °C mais alta do que no final do século 20. A projeção faz parte do primeiro relatório de avaliação nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC).

Considerando o Nordeste brasileiro, a variabilidade na precipitação relacionada ao fenômeno *El niño*/Oscilação Sul (ENOS) provavelmente será intensificada (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2013). Moncunill (2006) avaliou que a precipitação nessa região provavelmente sofrerá redução devido ao fato de a Zona de Convergência Intertropical possuir tendência de ficar mais deslocada para o norte, durante a quadra chuvosa do Nordeste.

O objetivo deste capítulo é discutir como a agropecuária contribui para o aquecimento global, as principais práticas relacionadas a uma agricultura de baixo carbono e as principais consequências das mudanças climáticas na atividade agrícola.



Emissões de GEE relacionadas ao setor agrícola

No Brasil, o setor agrícola foi responsável por 12% das emissões de GEE, em 2010 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2014a). Em 2012, as emissões de GEE do setor agropecuário representaram 37% das emissões totais, sendo relativas principalmente às emissões de óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) (BRASIL, 2014). Nesse ano, as atividades agrícolas que mais geraram emissões de GEE foram o manejo de solos (fertilização e preparo do solo) e a fermentação entérica de animais (Figura 1).

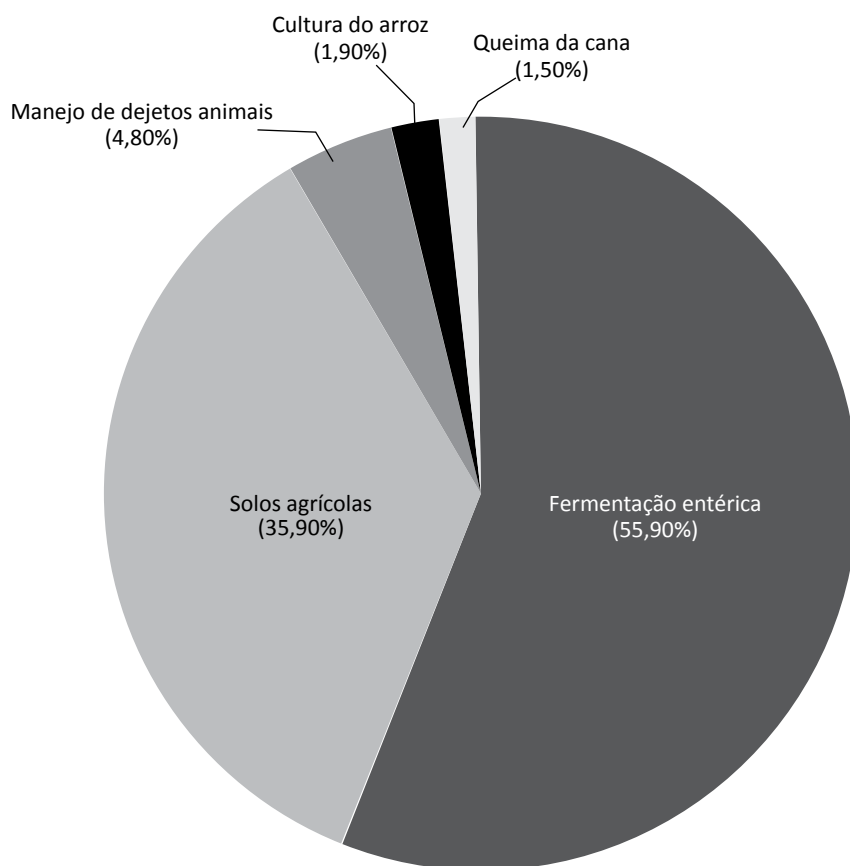


Figura 1. Emissões de GEE por atividade agrícola.

Fonte: Brasil (2014).



Emissões resultantes da mudança no uso da terra

A abertura de novas áreas de produção com o desmatamento de áreas florestais resulta na liberação de CO_2 devido à decomposição do carbono orgânico estocado na biomassa e no solo. A atividade microbiana de degradação da matéria orgânica também libera importante quantidade de N_2O .

A cobertura reduzida do solo amplia sua exposição à radiação solar, aumentando a temperatura e reduzindo a umidade. O preparo do solo, com utilização de aração e gradagem, aumenta a aeração, estimula a atividade microbiana e, conseqüentemente, a liberação de CO_2 e N_2O para a atmosfera. Quando a retirada da vegetação é seguida de queima da biomassa, ocorre aumento na emissão de GEE.

Devido à mudança no uso da terra, os desmatamentos nos biomas Amazônia e Cerrado são responsáveis pelas maiores emissões de CO_2 , no Brasil. Em 2005, as emissões líquidas de CO_2 desses biomas foram de 1.064.490.000 t, de um total de 1.106.120.000 t. Estima-se que, em 2012, as emissões de CO_2 foram reduzidas para 21.980.000 t, na Amazônia, e para 103.850.000 t, no Cerrado. A quase totalidade das emissões de GEE no bioma Cerrado foram oriundas da transformação de florestas nativas em áreas de pastagem e agrícolas (BRASIL, 2014).

Emissões da pecuária

A criação de animais é a principal fonte de emissões de CH_4 (Tabela 1), resultantes da fermentação entérica que faz parte do processo digestivo dos animais ruminantes e da fermentação anaeróbica dos dejetos animais, que emite CH_4 e NO_2 . A produção brasileira de bovinos, em 2012, foi de 211,38 milhões de cabeças, em fazendas localizadas, principalmente, na região Centro-Oeste (IBGE, 2012).

Em 2012, as emissões devido à fermentação entérica foram estimadas em 11.741.400 t (BRASIL, 2014). Em 2005, as emissões de metano devido a essa atividade foram de 11.487.000 t, e as emissões de CH_4 devido ao manejo de dejetos de animais foram de 723.000 t. A previsão para essas emissões em 2012 foi de 799.100 t, tendo sido impulsionadas pelo aumento do manejo de dejetos do rebanho de suínos, que passou de 357.700 t para 404.000 t, de 2005 para 2012 (BRASIL, 2014).

**Tabela 1.** Estimativa de emissões de CH₄, por fermentação entérica do rebanho bovino brasileiro.

Tipo de animal	Emissão de CH ₄				Variação 1990-2005 %	Estimativa 2012 (t)
	1990	1994	2000	2005		
	(t)					
Fermentação entérica						
Gado bovino	8.004.000	8.579.000	9.256.000	11.129.000	39	11.523.300
Gado de leite	1.198.000	1.263.000	1.178.000	1.371.000	14,5	1.566.000
Gado de corte	6.807.000	7.316.000	8.078.000	9.757.000	43,4	9.957.200
Outros animais	415.000	416.000	344.000	358.000	-13,7	353.200
Total	8.419.000	8.995.000	9.599.000	11.487.000	25	11.876.400
Manejo de dejetos animais						
Gado bovino	191.200	204.600	215.900	254.000	75	261.000
Gado de leite	35.900	37.600	34.100	39.700	90	43.700
Gado de corte	155.300	167.000	181.800	214.300	72	217.300
Suíños	373.100	386.800	364.600	357.700	104	404.000
Aves	48.400	61.300	78.100	91.500	53	115.300
Outros animais	22.500	22.600	19.200	19.700	114	18.700
Total	635.200	675.300	677.800	722.900	88	799.100

Fonte: Brasil (2014).

Emissões da aplicação de fertilizantes sintéticos e calcário

Com a Revolução Industrial e o incremento da produção agrícola, passou-se a utilizar fertilizantes industrializados para suprir as deficiências nutricionais dos solos, principalmente em nitrogênio, que é de grande importância no metabolismo das plantas. Desse modo, aumentou a capacidade de rendimento das culturas, todavia, também aumentaram as emissões de GEE (PES, 2009).

O nitrogênio é um dos principais nutrientes aplicados nas culturas visando promover seu rápido crescimento, sendo fundamental no processo de fotossíntese. Ainda na década de 1960, a disponibilidade de nitrogênio no planeta era controlada por processos naturais, por meio da fixação do elemento pelas plantas. De 1960 a 2000, o consumo de fertilizante nitrogenado cresceu cerca de 30 vezes (COSTA et al., 2009). No Brasil, o uso de fertilizantes sintéticos foi responsável pela emissão de 31.100 t de N₂O, em 2005, e de 48.600 t de N₂O, em 2012, representando um aumento de 56% nas emissões de GEE (BRASIL, 2014).



O uso desse nutriente em fertilizantes orgânicos e inorgânicos acarreta liberação direta de N_2O , além de indireta, devido à liberação de amônia (NH_3), óxidos de nitrogênio (NO_x), formação e lixiviação de nitrato (NO_3) e posterior transformação desses compostos em N_2O . O N_2O é liberado em menor quantidade que o CO_2 ; entretanto, tem um potencial de aquecimento no horizonte de 100 anos, 298 vezes maior que o CO_2 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2007).

Os processos de nitrificação e desnitrificação estão diretamente relacionados com as emissões de N_2O e demais compostos de nitrogênio. Na nitrificação, ocorre a oxidação da amônia (NH_3^+) em nitrato (NO_3^-) e há produção de óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxido nitroso (N_2O). Esse processo ocorre em condições aeróbicas, necessitando de solos bem drenados, com baixa saturação hídrica. O pH do solo também influencia nesse processo, sendo desejável pH acima de 5, o qual favorece a atividade das bactérias quimioautotróficas que participam do processo (ALVES et al., 2012; COSTA et al., 2009). Já no processo de desnitrificação, o nitrato é reduzido a N_2 , NO_x e N_2O , em condições anaeróbicas, sendo predominantes as emissões de N_2O . Nesse contexto, o alto índice de saturação do solo influencia a desnitrificação, pois traz o solo para próximo de sua capacidade de campo (ALVES et al., 2012; COSTA et al., 2009).

A aplicação de ureia, $CO(NH_2)_2$, libera, além de N_2O , o CO_2 que foi incorporado ao produto na fase industrial. A ureia é convertida em amônio (NH_4^+), hidroxila (OH^-) e bicarbonato (HCO_3^-), que, por sua vez, libera CO_2 na presença de água.

A aplicação de carbonatos para correção da acidez em solos agrícolas também libera CO_2 . A adição de calcário (ex.: $CaCO_3$ ou $CaMg(CO_3)_2$) leva à liberação de CO_2 e água, quando o carbonato se dissolve e libera o bicarbonato. Em 2012, no Brasil, estima-se que as emissões de CO_2 devido à calagem foi de 14.963.000.000 t, oriundas, principalmente, da região Centro-Oeste (BRASIL, 2014).

Emissões da queima de restos culturais e combustíveis fósseis

Em algumas regiões do Brasil, a atividade agrícola ainda utiliza a prática de queimar restos culturais em campo. Essa queima causa emissões, principalmente de CH_4 e NO_2 . A grande quantidade de CO_2 emitido nesse processo não é considerada no cômputo das emissões líquidas, pois, na fotossíntese, a mesma quantidade de CO_2 é absorvida durante a fase de



crescimento da planta. Estima-se que, em 2012, a queima de resíduos da cana-de-açúcar emitiu 185.000 t de CH_4 e 9.000 t de N_2O , representando 1% das emissões totais desses gases pelo setor agropecuário, no Brasil (BRASIL, 2014).

As práticas de manejo para implantação de culturas utilizando implementos agrícolas acoplados a tratores também contribuem para a emissão de CO_2 , CH_4 e N_2O , por meio da queima de combustíveis fósseis. Entretanto, essas emissões pelo setor agropecuário representam apenas 0,87% das emissões relacionadas à queima de combustíveis dos diversos setores da economia, sendo as principais emissões atribuídas aos setores industrial e da construção civil (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2014a).

Emissões do cultivo de arroz irrigado com o método de inundação

No sistema de cultivo de arroz inundado, realizado em áreas de várzea, onde o fluxo de oxigênio atmosférico para o solo é interrompido, ocorre a decomposição de matéria orgânica de forma anaeróbia, levando à produção de CH_4 . As emissões de CH_4 variam em função de fatores como pH do solo, temperatura, radiação solar e manejo (aplicação de fertilizantes), bem como em função da área colhida, nos diferentes sistemas de cultivo.

A região Sul do Brasil possui uma maior contribuição nas emissões de CH_4 , por solos cultivados com arroz (Tabela 2). Isso por ser a região a maior produtora de arroz no País e por essa produção ser realizada em regime de irrigação contínua ou de várzea. A região Norte também se destaca por ter triplicado sua produção de arroz, no período 1990 a 2005.

Tabela 2. Emissões de metano por cultivo de arroz, nas regiões e no País.

Região	Emissão de CH_4				Variação (%) 1990-2005
	1990	1994	2000	2005	
	(t)				
Centro-Oeste	21.00	14.600	12.400	16.300	-22,4
Nordeste	16.300	18.000	15.400	16.200	-0,2
Norte	8.800	19.400	16.800	23.300	164,1
Sudeste	67.200	56.200	26.600	20.000	-70,2
Sul	249.800	328.200	321.700	349.800	40
Brasil	363.100	436.300	392.900	425.700	17,2

Fonte: Brasil (2010).



Agricultura de baixo carbono

Embora a atividade agropecuária seja importante fonte de GEE, é importante observar que essas emissões devem ser reduzidas, e o estoque de carbono e a ciclagem de nutrientes, ampliados. De acordo com INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER (2014b), o setor agropecuário pode contribuir com a redução entre 20% e 60% das emissões de GEE, até 2030, com a adoção de práticas de manejo de baixo carbono.

A redução das emissões por quilo de produto agrícola produzido ocorre quando se consegue produzir mais em menor área e com menor uso de insumos externos, como fertilizantes sintéticos, corretores de solo e água de irrigação. Já o acúmulo de carbono no solo pode ocorrer com a diversificação da produção e manutenção da cobertura vegetal.

Em 2009, o Brasil estabeleceu o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando à consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura, mais conhecido como plano ABC. As principais ações relacionadas a uma agricultura de baixo carbono, de acordo com esse plano, são: recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto na palha, fixação biológica de nitrogênio, plantio de florestas e tratamento de dejetos animais (ASSAD, 2013).

Existe, no Brasil, cerca de 60 milhões de hectares de pastos degradados, que, caso fossem recuperados, ampliariam a capacidade de suporte dessas regiões em termos da quantidade de animais por hectare e reduziriam as pressões para abertura de novas áreas de pastagens (ASSAD, 2013). A recuperação de pastagens degradadas requer semeadura, fertilização e uso de técnicas de conservação do solo.

A integração lavoura-pecuária-floresta é um sistema que busca a intensificação sustentável do uso da terra pela atividade agrosilvipastoril, utilizando técnicas de consorciamento ou rotação de culturas, na mesma área, abrangendo atividades agrícolas, pecuárias e florestais (BALBINO et al., 2011). Esse conjunto de atividades contribui, principalmente, para o aumento do teor de matéria orgânica no solo e estoque de carbono, devido ao maior aporte de resíduos vegetais em uma área, e minimização da ocorrência de pragas e doenças, pela maior biodiversidade por área de solo.

A fixação biológica de nitrogênio resulta do cultivo de leguminosas associadas a microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, em



consorciamento ou rotação com outras culturas, acarretando na redução do consumo de adubos nitrogenados. De acordo com Boddey et al. (2012), a utilização de sistemas de adubação verde em consorciamento ou rotação com outras culturas permite balancear o sistema com nitrogênio, promovendo a produção primária e acúmulo de carbono no solo.

No sistema de plantio direto, a palhada do cultivo anterior é mantida sobre o solo, que é minimamente revolvido apenas no momento da semeadura da cultura subsequente. Essa técnica aumenta o acúmulo de matéria orgânica e carbono no solo, ao longo do tempo, além de reduzir a ocorrência de processos erosivos e aumentar a retenção de água no solo. O rendimento total das culturas, a quantidade total de resíduos que permanecem no campo e um balanço positivo de nitrogênio no sistema são fatores determinantes para a quantidade de carbono estocada em sistemas de plantio direto (BODDEY et al., 2012).

O plantio de florestas em áreas desmatadas também aumenta o estoque de carbono na planta e no solo. O plantio de espécies florestais de crescimento rápido, como o eucalipto, é preconizada para área agrícolas, pois quando bem manejadas, as áreas florestadas podem servir como fonte de madeira para produtores rurais (ASSAD, 2013).

Por fim, o tratamento de dejetos da criação de animais permite a redução das emissões de metano pela agricultura. Com a utilização de tratamentos com biodigestores, pode-se gerar energia com a queima do metano desse tratamento, reduzindo as emissões de metano na propriedade rural, além das emissões resultantes da produção da energia que deixa de ser demandada.

Efeitos das mudanças climáticas na agricultura

Considerando o impacto do aquecimento global nas plantas, Droogers et al. (2004) distinguem dois efeitos: fisiológicos e de interação planta-ecossistema. Estes efeitos possuem impactos tanto positivos quanto negativos que precisam ser compreendidos para adequado delineamento de estratégias de adaptação e desenvolvimento de tecnologias mitigadoras das mudanças climáticas.

A previsão é de que o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera afetará a fisiologia das plantas, já que esse gás faz parte do metabolismo vegetal, na assimilação pela fotossíntese com transformação em carboidratos. Assim, diversas pesquisas vêm avaliando os impactos da maior concentração de GEE no desenvolvimento de plantas de interesse agrícola.



De acordo com Tubiello e Ewert (2002), o aumento na concentração de CO_2 pode induzir ao fechamento dos estômatos das plantas e, assim, reduzir perdas de água por transpiração. Os resultados de Hacour et al. (2002), em experimentos com batata (*Solanum tuberosum* L. cv Bintje), sugeriram que o aumento de CO_2 reduziu a altura e acelerou fortemente a senescência das plantas.

Eitzinger et al. (2003) ponderam que incertezas permanecem sobre o efeito do aquecimento do clima nas plantas, devido à falta de conhecimento em modelos de simulação de plantas. Muitos efeitos benéficos da elevada concentração de CO_2 , incluindo aumento de produtividade, melhoria na eficiência no uso de recursos e menor suscetibilidade a alguns patógenos fúngicos, podem ser reduzidos ou até mesmo perdidos em um mundo mais quente. Assim, há necessidade de avaliações da interação entre os fatores temperatura e CO_2 no comportamento das espécies cultivadas para redução das incertezas.

Com relação aos efeitos planta-ecossistema, segundo o relatório do Intergovernmental Panel on Climate Center (2013), a elevação da temperatura em 1°C pode causar impacto negativo no cultivo de arroz, trigo e milho em áreas tropicais, como na América do Sul.

Nos trópicos, estudam-se perdas de regiões propícias à prática agrícola, deslocamento dos cultivos e impactos no zoneamento agroclimático, devido a fatores limitantes das temperaturas elevadas ao desenvolvimento das diversas espécies. No Brasil, Assad et al. (2004) e Decanto (2008) avaliaram impactos no deslocamento de cultivos de café, algodão, arroz, feijão, soja, mandioca e girassol, e Hamada et al. (2006) projetaram efeitos das mudanças climáticas no aumento no número de ciclos de pragas e intensidade de doenças.

Efeitos das mudanças climáticas na agricultura praticada no Nordeste brasileiro

A região Nordeste do Brasil é reconhecidamente uma área com elevada variabilidade anual quanto à distribuição e quantidade de chuvas, o que torna a agricultura vulnerável à disponibilidade hídrica para os cultivos. Possivelmente, por essa razão, alguns estudos de impactos das mudanças climáticas têm abordado essa região, prevendo o aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, sendo necessário aumento da eficiência de uso da água na agricultura.

As mudanças climáticas afetam a demanda de água para a agricultura irrigada, a qual depende de como a temperatura, precipitação e suas interações



irão se comportar. A agricultura irrigada pode aumentar a demanda de água, em virtude da elevação na evapotranspiração e redução na precipitação, mesmo sem considerar o aumento das áreas irrigadas (GONDIM et al., 2008).

Gondim et al. (2012) projetaram aumento na demanda de água para irrigação na bacia do Baixo Jaguaribe, Ceará, entre 7,9% e 9,1% para a climatologia de 2025 a 2055 para os cenários A2 e B2, respectivamente, com relação à climatologia de base de 1961 a 1990. Em estudo específico para a cultura da bananeira no Ceará, foi projetada elevação na necessidade hídrica bruta média anual para o ano de 2040, com relação às condições iniciais (1961 a 1990), de 1.989 mm para 2.536 mm e 2.491 mm (27,50% e 25,24%) para os cenários A2 e B2, respectivamente. Esse estudo foi elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (GONDIM et al., 2011; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER, 2000).

Em estudos no Nordeste brasileiro, Barbieri et al. (2010) concluíram que o setor agrícola da região será severamente impactado, devido à inadequabilidade de terras agrícolas na região, causada pelo aumento de temperaturas, agindo como fator de pressão de migração e vulnerabilidade. A inadequabilidade de terras também foi relatada por Silva et al. (2012) quando estudou o zoneamento do milho na região em cenários de mudanças climáticas. Gondim et al. (2012) projetou aumento de demanda de água para a irrigação de cultura na região do Baixo Jaguaribe, Ceará, devido ao aumento da evapotranspiração de referência e especialmente reduções de precipitações projetadas para a climatologia de 2025 a 2055, em relação a 1961 a 1990.

Entretanto, a vulnerabilidade da produção irrigada pode significativamente mudar com os modelos climáticos aplicados. Döll (2002) projetou uma elevação das necessidades de irrigação de 46 mm para o Nordeste do Brasil, em 2020, em relação ao período de 1960 a 1990. Já Döll e Hauschild (2002) projetaram redução de demanda hídrica em 48%, para a maioria dos municípios com irrigação.

Tal divergência de resultados pode ser atribuída a discordâncias de impactos, projetados por diferentes modelos de mudanças climáticas. Krol et al. (2006) e Krol e Bronstert (2007) verificaram que, para o Semiárido nordestino, as projeções de alterações na precipitação sobre a região divergiram, sendo menos 50% para o modelo climático ECHAM4 e mais 21% para HadCM2.

Diante dos resultados apresentados, pode-se refletir que a água para agricultura irrigada é tema central para geração e aplicação de tecnologias



adaptativas, tanto para a convivência com a seca quanto estratégia para o aumento de demanda por incremento das áreas irrigadas e para os possíveis impactos decorrentes das mudanças do clima, o qual pode passar a ser uma nova fonte de pressão sobre a demanda.

Dessa forma, visando à racionalização do uso da água na agricultura, algumas tecnologias devem ser adotadas:

- Avaliar a uniformidade de aplicação da água periodicamente, realizando a manutenção preventiva do sistema de irrigação para alcance de maior uniformidade de distribuição da água de irrigação.
- Viabilizar a definição, pela pesquisa, das necessidades hídricas das espécies irrigadas, a fim de fornecer adequada quantidade de água, de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas.
- Viabilizar o desenvolvimento e adoção de aplicativos para dispositivos móveis para divulgação diária entre os produtores do quanto irrigar, com base na evapotranspiração de referência, pelo método FAO Penman-Monteith, e nos coeficientes de cultivo das culturas, nos diferentes estágios de desenvolvimento.
- Nos locais onde se irriga com água subterrânea, realizar estudos hidrogeológicos, a fim de permitir a gestão dos recursos hídricos demandados, considerando sua capacidade de recarga.

Considerações finais

O fenômeno das mudanças climáticas sofre impactos decorrentes da atividade agropecuária e, no caso do Brasil, especialmente pelo desmatamento para abertura de novas áreas para cultivo e pecuária. Por outro lado, a atividade agropecuária pode mitigar os efeitos das mudanças climáticas, por meio do desenvolvimento e adoção de tecnologias adaptativas. A biomassa vegetal e o solo podem potencialmente funcionar como sumidouros de carbono; então, a agricultura exerce importante papel na mitigação da emissão de GEE para a atmosfera.

A atuação do setor agropecuário em conjunto com os demais setores da economia para reduzir o aumento da temperatura do planeta é essencial para a economia rural, uma vez que as mudanças climáticas afetam diretamente



a produção e dinâmica de todos os setores econômicos, em especial, o agropecuário.

Populações de menor renda e regiões agrícolas marginais, como o Semiárido, são mais vulneráveis às mudanças climáticas. Essas regiões também estão sujeitas às forças, tais como crescimento populacional e depleção de recursos, o que, somado aos efeitos das mudanças climáticas, amplia os níveis de pobreza e insegurança alimentar.

Políticas públicas que promovam reduzir a pressão sobre os recursos naturais, que melhorem o gerenciamento de riscos ambientais e aumentem o bem-estar dos membros mais pobres da sociedade podem, simultaneamente, avançar na equidade e no desenvolvimento sustentável, fortalecendo a capacidade adaptativa e reduzindo vulnerabilidades ao clima e a outros estresses.

Referências

ALVES, B. J. R.; CARVALHO, A. M.; JANTALIA, C. P.; MADARI, B.; URQUIAGA, S.; SANTOS, J. C. F.; CARVALHO, C. J. R. Emissões de óxido nitroso e óxido nítrico do solo em sistemas agrícolas. In: LIMA, M. A. de; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. de A.; URQUIAGA, S. (Ed.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. p. 159-191.

ASSAD, E. D. **Agricultura de baixa emissão de carbono**: a evolução de um novo paradigma – sumário executivo. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, [2013]. 38 p. Projeto Observatório ABC. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117611/1/sumario-estudo-1.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p.1057-1064, 2004.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial**: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília, DF: Embrapa, 2011.

BARBIERI, A. F.; DOMINGUES, E.; QUEIROZ, B. L.; RUIZ, R. M.; RIGOTTI, J. I.; CAVALHO, J. A. M.; RESENDE, M. F. Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025-2050. **Population and environment**, v. 31, n. 5, p. 344-370, 2010.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; MARTIN-NETO, L.; MADARI, B. E.; MILORI, D. M. B. P.; MACHADO, P. L. O. de A. Estoques de carbono nos solos do Brasil: quantidade e mecanismos de acúmulo e preservação. In: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES,



B. J. R.; MACHADO, P. L. O. A.; URQUIAGA, S. (Ed.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Baixo Carbono**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>>. Acesso em: 31 ago. 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF, 2014. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0235/235580.pdf. Acesso em: 20 dez. 2014.

CARTER, T. R.; ALFSEN, K.; BARROW, E.; BASS, B.; DAI, X. DESANKER, P.; GAFFIN, S. R.; GIORGI, F.; HULME, M.; LAL, M.; MATA, L. J.; MEARNES, L. O.; MITCHEL, J. F. B.; MORITA, T.; MOSS, R.; MURDIYARSO, D.; PABON-CAICEDO, J. D.; PALUTIKOF, J. PARRY, M. L.; ROSENZWEIG, C.; SEGUIN, B.; SCHOLES, R. J.; WHETTON, P. H. **General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment** – Task group on data and scenario support for impact and climate assesment (TGICA) – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. 66 p.

COSTA, A. R.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. de M.; MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M. **Uso do nitrogênio na agricultura e suas implicações na emissão do gás de efeito estufa: óxido Nitroso N₂O**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 47 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 249). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF-2010/29830/1/doc-249.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

DECANTO, J. G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa; Campinas: Unicamp, 2008. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/CLIMA_E_AGRICULTURA_BRASIL_300908_FINAL.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2008.

DÖLL, P.; HAUSCHILD, M. Model-based regional assessment of water use – an example for semi-arid Northeastern Brazil. **Water International**, v. 27, n. 3, p. 310-320, 2002.

DÖLL, P. Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. **Climatic Change**. v. 54, n. 3, p. 269-293, 2002.

DROOGERS, P.; van DAM, J.; HOOBEVEEN, J.; LOEVE, R. Adaptation strategies to climate change to sustain food security In: AERTS, J. C. J. H.; DROOGERS, P. (Ed.). **Climate change in contrasting river basins: adaptation strategies for water, food and environment**. Cambridge: CABI Publishing, 2004. p. 49-73.

EITZINGER, J.; STASTNÁ, M.; ZALUD, Z.; DUBROVSKY, M. A. Simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios. **Agricultural Water Management**, v. 61, n. 3, p. 195-217, 2003.



GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; EVANGELISTA, S. R. M.; TEIXEIRA, A. dos S.; FUCK, S. C. F. Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.12, dez. 2008.

GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; MAIA, A. de H. N.; EVANGELISTA, S. R. M.; FUCK, S. C. F. Climate change impacts on irrigation water needs in the Jaguaribe river basin. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 48, p. 355-365, 2012.

GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; TEIXEIRA, A. dos S.; EVANGELISTA, S. R. M. Impactos das mudanças climáticas na demanda de irrigação da bananeira na Bacia do Jaguaribe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 594-600, 2011.

HACOUR, A.; CRAIGON, J.; VANDERMEIREN, K.; OJANPERÄ, K.; PLEIJEL, H. ; DANIELSON, H.; HÖGY, P.; FINNAN, J.; BINDI, M. CO₂ and ozone effects on canopy development of potato crops across Europe. **European Journal of Agronomy**, v. 17, n. 4, p. 257-272, 2002.

HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. do V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologia de elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 73-85, 2006.

IBGE. **Pesquisa pecuária municipal**: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Brasília, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2000**: special report on emission scenarios. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER. **Climate Change 2007**: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER. **Climate change 2013**: the physical science basis - summary for policy makers. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. Working Group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014**: agriculture, forestry and other land use (AFOLU) - mitigation of climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014b. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CENTER. **Climate Change 2014**: synthesis report. Geneva, 2014a. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate.



KROL, M. S.; BRONSTERT, A. Regional integrated modeling of climate change impacts on natural resources and resources usage in semi-arid Northeast Brazil. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 2, p. 259-268, 2007.

KROL, M. S.; JAEGER, A.; BRONSTERT, A.; GÜNTNER, A. Integrated modeling of climate change, water, soil, agricultural and social-economic processes: A general introduction of the methodology and some exemplary results from the semi-arid Northeast of Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 328, n. 3-4, p. 417-431, 2006.

MONCUNILL, D. F. The rainfall trend over Ceará and its implications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY, 8., 2006, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: INPE, 2006.

PES, L. Z. **Fluxo de gases de efeito estufa em sistemas de preparo do solo e rotação de culturas no planalto do Rio Grande do Sul**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola-Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, V. de P. R. da.; CAMPOS, J. H. B. da; SILVA, M. T. Climate risk in maize crop in the northeastern of Brazil based on climate change scenarios. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p. 1176-1183, 2012.

TUBIELLO, F. N.; EWERT, F. Stimulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change. **European Journal of Agronomy**, v. 18, n.1-2, p. 57 -74, 2002.

Capítulo • 2

Cultivo do meloeiro em condições de elevados níveis de dióxido de carbono e de temperatura na atmosfera

Marlos Alves Bezerra

Láise Ferreira de Araújo

Amanda Soraya Freitas Calvet

Cristhyan Alexandre Carcia de Carvalho

Introdução

O aumento de CO₂ e da temperatura na atmosfera, devido ao cenário futuro de mudanças climáticas, poderá interferir no metabolismo fisiológico e produtivo das plantas. Estudos apontam que, até o final do século 21, a concentração de CO₂ passará dos atuais 384 ppm para 720 ppm, e como consequência, a temperatura média da Terra poderá aumentar de 2,5 °C a 7,8 °C (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). Nesse cenário, espécies com metabolismo fotossintético C₃ poderão ser as mais beneficiadas com o aumento da concentração de CO₂, por apresentar maior ponto de compensação desse gás (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, altas temperaturas podem resultar em estresse, devido a um conjunto de mudanças morfoanatômicas, fisiológicas e bioquímicas, que possivelmente afetarão seu desenvolvimento (WAHID et al., 2007).

O meloeiro, que é uma espécie com metabolismo fotossintético C₃, poderá ser influenciado pelos efeitos dos aumentos de CO₂ e da temperatura, afetando diretamente sua cadeia produtiva. Carvalho (2015), estudando a interação entre o incremento de CO₂ (400 ppm e 900 ppm) e a temperatura (34 °C e 42 °C) no meloeiro, concluiu que o crescimento das plantas foi influenciado positivamente, pela combinação entre alta concentração de CO₂ e menor temperatura e, negativamente, pelo aumento da temperatura, independentemente da concentração de CO₂.

Este capítulo tem como objetivo discutir os efeitos causados pela elevação



da temperatura e concentração de CO_2 na fisiologia e produtividade das plantas em geral e no meloeiro, em particular.

Efeitos do aumento da concentração de CO_2 ambiente sobre as plantas

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), a concentração de CO_2 no ambiente, nas últimas décadas, aumentou de $250 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$, antes da revolução industrial, para $350 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$, em 1989. Atualmente, a concentração de CO_2 é de $384 \mu\text{mol mol}^{-1}$, com aumentos anuais de $5 \mu\text{mol mol}^{-1}$, podendo atingir $550 \mu\text{mol mol}^{-1}$, em 2050, e ultrapassar $700 \mu\text{mol mol}^{-1}$, no fim deste século.

Essa alteração na concentração de CO_2 atmosférico provocará um efeito sobre o comportamento fisiológico das plantas, já que o dióxido de carbono é importante para a fotossíntese e pode influenciar os processos metabólicos delas (REZENDE et al., 2015). Entretanto, esse comportamento, em relação ao aumento de CO_2 atmosférico, difere entre as plantas, principalmente devido ao seu metabolismo fotossintético (plantas C_3 ou C_4). A diferença está na rota de fixação de CO_2 , que nas plantas C_4 é mais eficiente, e a perda de carbono durante o processo de fotorrespiração é desprezível. Por outro lado, as plantas C_3 podem perder até 50% de seu carbono recém-fixado durante a fotorrespiração (PIMENTEL et al., 2007).

Estudos apontam incrementos médios de 30% na produtividade de várias culturas C_3 , como o meloeiro, em condições controladas de temperatura e umidade, quando submetidas à atmosfera com o dobro da concentração atual de CO_2 (720 ppm). Em condições de campo, entretanto, os ganhos de produtividade foram bem menores (FUHRER, 2003).

Experimentos com culturas C_3 , como a pimenta-tabasco (PAULA et al., 2011), o pepino (*Cucumis sativus*) (KOSOBRYUKHOV, 2009), o arroz (ROY et al., 2012) e o pinheiro (CROUS et al., 2008), evidenciaram resposta positiva (aumento da produtividade) dessas plantas ao enriquecimento do ambiente com CO_2 , seja em condições controladas ou em condições de campo.

De acordo com Kimball et al. (2002), concentrações elevadas de CO_2 , em condições controladas, estimulam a biomassa, em gramíneas C_3 , em 12%; o rendimento de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) e de arroz (*Oryza sativa*



L.), ambos C3, em 10% a 15%; e a produção de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.), em 28%. Sob limitação na oferta de nutrientes (principalmente de N) e com enriquecimento de CO₂ livre no ar (experimentos em FACE), o estímulo na produção de grãos de trigo é de apenas 7%. Por outro lado, estímulo relativamente maior foi observado sob condições limitadas de água (KIMBALL et al., 2002), mostrando que a resposta das plantas ao aumento de CO₂ depende de outros condicionantes.

O aumento da concentração de CO₂ reduziu a condutância estomática de duas cultivares de feijão-caupi, cultivadas sob as mesmas condições, em 33,57% e 60,10%, respectivamente (BARBOSA et al., 2011), mostrando ainda que as respostas também dependem do componente genético. Ainda segundo esses autores, a cultivar Marataoã reduziu a transpiração em 26,82%, em ambiente enriquecido com CO₂.

Da mesma forma, Silva et al. (2011), avaliando diferentes variedades de melancia (C₃) sob duas concentrações de CO₂ (360 ppm e 550 ppm), em câmaras de crescimento, verificaram que as plântulas das variedades Charleston Gray e Fairfax submetidas a 550 ppm de CO₂ apresentaram massa fresca da parte aérea e da raiz superiores à das 'Crimson Sweet' e 'Congo'. O mesmo comportamento foi observado para massa seca da raiz da cultivar Charleston Gray.

Grandis (2010), estudando as respostas fotossintéticas da espécie amazônica *Senna reticulata*, sob elevado CO₂ (cerca de 28%), observou efeitos significativos na taxa fotossintética das plantas, aos 30 e 45 dias. O aumento da fotossíntese nessas plantas pode ser explicado pelo aumento de pressão de CO₂, no sítio ativo da enzima Rubisco.

Efeitos do aumento da temperatura ambiente sobre as plantas

Estima-se que, até 2050, a temperatura média do Brasil será de 3 °C a 6 °C mais alta do que no final do século 20 (PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2014). Nesse cenário, estima-se que, até 2050, o clima influencie na perda de 10% de tudo o que for plantado no País. A região Nordeste deverá apresentar a maior redução na área de baixo risco para várias culturas, em comparação com as demais regiões do País, fazendo com que a área cultivada seja reduzida em 15%, de 2010 para 2040 (PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2014). No cenário pessimista, com maior aumento de temperatura



(6 °C), o Semiárido brasileiro poderá se tornar uma região árida (MARENGO, 2006).

O aumento da temperatura será um dos determinantes mais importantes do impacto do aquecimento global na produtividade das culturas (AINSWORTH; ORT, 2010). Isso ocorre uma vez que a temperatura afeta todas as reações bioquímicas do processo de fotossíntese.

As respostas das plantas à temperatura são complexas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Quando a temperatura se eleva acima do ótimo, a fotossíntese começa a decrescer gradual e reversivelmente, no início, e paulatina e irreversivelmente, após atingir a temperatura crítica (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Altas temperaturas (> 45 °C) podem causar danos diretos ao aparato fotossintético, por provocar mudanças na membrana do tilacoide e alterar suas propriedades físico-químicas. Logo, para se aclimatarem ao aquecimento, as plantas dependem da capacidade das enzimas fotossintéticas e dos tilacoides em manter taxas elevadas de fotossíntese, sob altas temperaturas (YAMORI et al., 2014).

Segundo Long (1991), teoricamente, plantas com metabolismo fotossintético C_3 , como o meloeiro, submetidas à elevada concentração de CO_2 , devem obter maiores taxas fotossintéticas em temperaturas mais elevadas, pois o aumento na concentração de CO_2 pode neutralizar maiores taxas de oxigenação da Rubisco e, conseqüentemente, a fotorrespiração. Essa teoria é suportada pela observação de que, em soja, a resposta relativa ao CO_2 na captação do carbono diurno e, conseqüentemente, na fotossíntese, aumentou com a temperatura máxima diária (BERNACCHI et al., 2006).

Contudo, existem poucas evidências diretas de que o estímulo relativo do aumento na concentração de CO_2 na produção de biomassa ou rendimento de plantas C_3 seja maior em temperaturas mais elevadas (CARVALHO, 2015). Experimentos em *free air carbon dioxide enrichment* (FACE) com arroz sugerem que a resposta relativa ao CO_2 no rendimento da cultura diminui, com o aumento crescente da temperatura, ao longo das estações (HASEGAWA et al., 2013). Isso se deve ao fato de a temperatura ótima para a fotossíntese, em culturas C_3 , nem sempre ser a mesma temperatura ótima para o rendimento. Assim, temperaturas mais elevadas podem ter um impacto mais negativo sobre os processos reprodutivos do que sobre a fotossíntese (HATFIELD et al., 2011). Segundo Roy et al. (2012), com incremento de 2 °C na temperatura, o rendimento do arroz foi diminuído, sendo considerado que a alta temperatura poderia ter induzido a esterilidade das panículas do cereal.



Por outro lado, com o aumento da temperatura do ambiente, Martinez et al. (2014) verificaram que o aquecimento favoreceu o desempenho fotossintético do fotossistema II (FS II), o crescimento, o índice de área foliar e a produção de biomassa, durante a fase vegetativa de crescimento de *Stylosanthes capitata* (leguminosa). Gabriel et al. (2014) também constataram que o aumento de temperatura, projetada em cenários climáticos futuros, em geral, não deve diminuir a produtividade de raízes tuberosas de mandioca, especialmente na África, onde essa cultura tem papel fundamental na segurança alimentar.

Efeito do aumento da temperatura no meloeiro

A cultura do melão (*Cucumis melo* L.) é muito sensível à temperatura do ar, não tolerando geadas em qualquer estágio do seu crescimento. As faixas de temperatura, nos diferentes estádios fenológicos do meloeiro, são: para a germinação, a temperatura pode variar de 18 °C a 45 °C, situando-se a ideal entre 25 °C e 35 °C; para o desenvolvimento da cultura, a faixa ótima é de 25 °C a 30 °C (abaixo de 12° C, seu crescimento é paralisado); para a floração, a temperatura ótima situa-se entre 20 °C e 23 °C. Temperaturas elevadas (> 35 °C) estimulam a formação de flores masculinas e, acima de 37 °C, ocasionam problemas na maturação (COSTA, 2010).

Oliveira (2008) constatou que temperaturas elevadas influenciaram negativamente, em meloeiros, o teor de açúcar, o sabor, o aroma e a consistência dos frutos, características decisivas no momento da comercialização. Além da temperatura do ar, a prática de modificar o microclima, como a utilização de *mulching* no solo, deve ser levada em consideração, especialmente se a temperatura do ar não for medida nas proximidades das plantas (ALBERT et al., 2010).

Plantas de meloeiro Amarelo (híbrido Goldex), cultivadas em câmaras de crescimento, sob temperaturas contínuas de 37 °C e 40 °C, durante 30 dias de crescimento após o transplantio (Figura 1), não mostraram diferenças significativas para as variáveis de trocas gasosas (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) (ARAÚJO et al., 2015a). Da mesma maneira, Carvalho (2015), trabalhando com diferentes temperaturas (30 °C, 34 °C, 38 °C e 42 °C) não observou influência nas trocas gasosas do meloeiro amarelo (híbrido Goldex) cultivado em câmaras de crescimento, sob elevadas temperaturas (38 °C e 42 °C), indicando que as plantas adaptam suas trocas gasosas às temperaturas,



sob as quais estão sendo cultivadas. Quando se analisaram os teores de carboidratos foliares, houve aumento na porcentagem de carboidratos simples nas folhas, especialmente glicose, e redução no dissacarídeo sacarose, nas plantas cultivadas sob temperaturas mais elevadas.

Fotos: Laíse Ferreira de Araújo



Figura 1. Câmara de crescimento: (A e B) mudas de meloeiro para estudos sobre efeito da temperatura nas plantas; (C) sistema de iluminação e umidificação; (D) painel para regulação das condições ambientais. Petrolina, PE.

Fonte: Araújo et al. (2015a).

Em condições de alta temperatura, a abertura estomática é pouco afetada, sendo o efeito maior sobre a ultraestrutura cloroplástica, ativando a senescência e a ação de enzimas proteolíticas e lipolíticas (STARCK et al., 1993), todavia, esse fato não foi observado por Araújo et al. (2015a). Além disso, como a fotossíntese é mais afetada do que a respiração, por altas temperaturas (TAIZ;



ZEIGER, 2013), é possível inferir que o ponto de compensação de temperatura, para essas variáveis, não foi alcançado.

Por outro lado, aos 30 dias após o transplântio, todas as variáveis relacionadas ao crescimento das plantas de melão foram reduzidas, sob 40 °C, exceto o comprimento da raiz e da parte aérea. O número de folhas e a área foliar foram reduzidas em 12,16% e 23,40%, respectivamente, e a massa fresca da parte aérea e da raiz foram reduzidas em 10,30% e 36%, respectivamente, (ARAÚJO et al., 2015a), mostrando que o alongamento e a divisão celular foram afetados.

De modo semelhante, Carvalho (2015), utilizando câmaras de crescimento, verificou que elevadas temperaturas (38 °C e 42 °C) retardaram o crescimento do meloeiro amarelo (híbrido Goldex). A diminuição do número de folhas, em temperaturas mais elevadas, foi em decorrência da redução no desenvolvimento das gemas axilares e apical, ao passo que, para área foliar, foi provavelmente o mecanismo de defesa da planta que a diminuiu, para minimizar a perda de água por transpiração. Também foram reduzidos a altura da planta, o comprimento do caule e o desenvolvimento da raiz, com a influência negativa da última podendo limitar a melhor absorção de água e nutrientes.

Segundo Ristic et al. (2007), a produção de clorofila das plantas de trigo, que tem o mesmo metabolismo fotossintético do melão, foi reduzida quando submetida a elevada temperatura, tendo em vista que a membrana do tilacoide tem sensibilidade a esse fator. Isso não foi observado por Carvalho (2015), que, em geral, não encontrou diferenças nas médias de clorofila, determinadas pelo Índice SPAD.

Bouzo e Küchen (2012), estudando o efeito da temperatura em diferentes cultivares de melão, na Argentina, concluíram que houve diferenças no desenvolvimento das cultivares (número de ramificações e de folhas) em resposta à temperatura, principalmente entre as cultivares precoces Sundew, Honey Max (Honeydew) e DRT (Charentais), e as tardias Fila (Amarelo) e Ruidera (Pele de Sapo). Para o tamanho do fruto, as cultivares Fila e Ruidera obtiveram os maiores valores, enquanto a cultivar DRT apresentou o menor valor.

Pontes (2014), estudando o efeito da temperatura no meloeiro, com uso de câmaras, em condições de campo, no Município de Pacajus, CE (Figura 2), verificou que, com o aumento médio de 2 °C (Figura 3), as trocas gasosas não foram influenciadas, e a qualidade dos frutos foi pouco influenciada, havendo somente redução da cavidade interna dos frutos, tornando-os mais firmes.



Fotos: Marlos Alves Bezerra



Figura 2. Câmaras para aumento da temperatura em plantas de meloeiro cultivadas em condições de campo: (A) visão geral; (B) interior da câmara. Pacajus, CE.

Fonte: Araújo et al. (2015b).

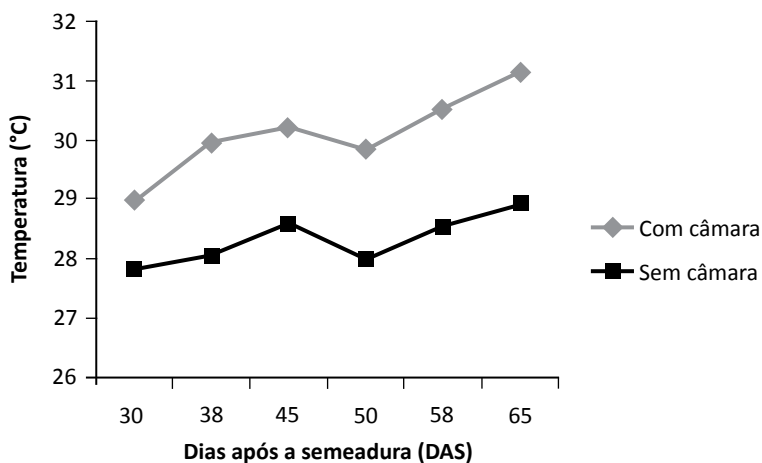


Figura 3. Temperatura média do ar no período experimental, nos dois ambientes de cultivo do meloeiro.

Fonte: Pontes (2014).



Aliada aos efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas, a elevação da temperatura afeta a taxa de polinização e a consequente produção de frutos, em plantas de meloeiro. Isso ocorre porque, além dos vários compostos orgânicos e inorgânicos, a temperatura influencia significativamente a germinação e na viabilidade dos grãos de pólen, interferindo diretamente na fecundação dos óvulos e, conseqüentemente, no pegamento dos frutos (CHAGAS et al., 2010; RAMOS et al., 2008), afetando a taxa de polinização das plantas.

A redução de cerca de 1 °C na temperatura média, em função da utilização de cobertura plástica (mulching), na fase de crescimento das plantas, aumentou o número de visitas de *A. mellifera* coletando pólen, nas flores do meloeiro hermafroditas (Tabela 1), o que contribuiu para maior produção de frutos nessas plantas (CALVET et al., 2013; BEZERRA et al., 2012).

Tabela 1. Número médio de visitas de *A. mellifera* por tipo floral e por recurso coletado, em área de meloeiro cultivado com e sem cobertura plástica.

Tipo de cultivo	Tipo floral			
	Masculina		Hermafrodita	
	Néctar	Pólen	Néctar	Pólen
Com cobertura	2,29	7,27	5,98	7,15
Sem cobertura	2,09	6,83	6,01	5,81

Fonte: Calvet et al. (2013).

Na Espanha, a elevação das temperaturas, em função de mudanças climáticas, prejudicou a floração e uma menor quantidade de melões foi produzida, em 2015. No Nordeste brasileiro, maior produtor de melão no Brasil, o aumento da temperatura poderá causar queda da produtividade e redução da área plantada. Além disso, o aumento da temperatura poderá reduzir a qualidade dos frutos, com ruptura da casca dos frutos nos pontos mais fracos, em razão da elevada transpiração e do acúmulo de mucilagem em suas células, resultando em uma diminuição da qualidade do fruto (GARCIA et al., 2015).

Influência do elevado nível de CO₂ nas plantas de meloeiro

Plantas de meloeiro Amarelo cultivadas durante 30 dias após o transplântio, sob alta concentração atmosférica de CO₂ (550 ppm), em estufas de



topo aberto modificadas (Figura 4), praticamente não apresentaram estômatos afetados (condutância estomática), embora a injeção de CO_2 nas câmaras tenha favorecido um aumento na temperatura (de 39 °C para 42 °C, na média, entre 9 h e 12 h). A transpiração também foi aumentada, provavelmente devido ao correto suprimento de água (ARAÚJO et al., 2015b).

Por sua vez, a fotossíntese do meloeiro foi aumentada com a elevação da concentração de CO_2 disponível para as plantas (ARAÚJO et al., 2015b). Em plantas C_3 , que é o caso do meloeiro, o aumento do CO_2 atmosférico acima do ponto de compensação estimula a função carboxilase da Rubisco, em detrimento da função oxigenase (fotorrespiração), fazendo com que a planta aumente sua taxa de fixação de CO_2 (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A elevação dos níveis de CO_2 pode resultar em maiores taxas de fotossíntese e de crescimento das plantas C_3 , e em menores taxas de transpiração e fotorrespiração, com reflexos diretos na produtividade (SAGE, 1994).

Foto: Laise Ferreira de Araújo



Figura 4. Câmaras de injeção de CO_2 utilizadas para o cultivo do meloeiro. Petrolina, PE.

Fonte: Araújo et al. (2015b).

Entretanto, mesmo com valores de transpiração e fotossíntese líquida elevados, o tratamento com CO_2 (550 ppm) foi o que obteve menor crescimento (Figura 5), havendo decréscimo de 51,3% e 80,0%, respectivamente, para número de folhas e área foliar. Para o comprimento da raiz, o decréscimo foi de 26,9% (ARAÚJO et al., 2015b), sugerindo que as taxas de alongamento e divisão



celulares foram afetadas negativamente pelo aumento da temperatura nesse ambiente, causado pela presença do plástico e pela maior concentração de CO_2 , pois esse gás absorve calor. Isso mostra que um fator não pode ser estudado isoladamente, haja visto que as mudanças climáticas provocam efeito em vários fatores ambientais, que interagem para afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

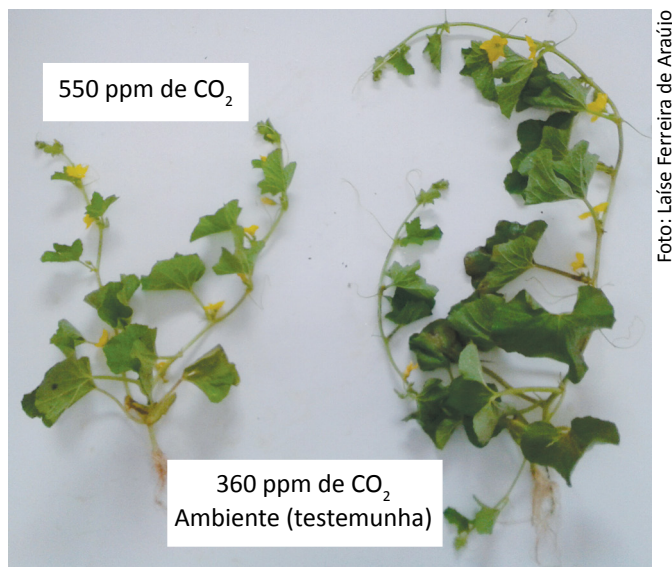


Figura 5. Plantas de meloeiro com 30 dias após o transplantio, cultivadas com alta concentração de CO_2 (550 ppm) – à esquerda, e concentração de CO_2 ambiente (360 ppm – testemunha) – à direita. Petrolina, PE.

Fonte: Araújo et al. (2015b).

Lloyd e Farquhar (2008) defendem que o aumento do CO_2 , nas próximas décadas, compensará qualquer redução na fotossíntese causada pelo aumento da temperatura. Por outro lado, Grandis et al. (2010) afirmam que, em termos fisiológicos, é possível que os efeitos do aumento da concentração de CO_2 combinado com elevadas temperaturas se somem positivamente, principalmente em espécies de crescimento rápido.

Carvalho (2015), trabalhando com interação entre o incremento de CO_2 (400 ppm e 900 ppm) e altas temperaturas (34 °C e 42 °C), em plantas de meloeiro cultivadas em câmaras de crescimento (Figura 6), verificou que, nos níveis



citados, praticamente não houve alteração nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila, muito embora o crescimento das plantas tenha sido influenciado, positivamente, pela combinação $34\text{ }^{\circ}\text{C} + 900\text{ ppm de CO}_2$ e, negativamente, pelo aumento da temperatura, enriquecida ou não de CO_2 . As plantas submetidas à combinação de $34\text{ }^{\circ}\text{C} + 900\text{ ppm de CO}_2$ apresentaram mais que o dobro de massa fresca e seca, de parte aérea e raiz, do que o tratamento com mesma temperatura sem adição de CO_2 , demonstrando que o dióxido de carbono foi efetivo para essas variáveis. Esse comportamento foi consequência do maior crescimento das plantas, como pode ser confirmado pela altura, diâmetro, número de folhas e área foliar. Por outro lado, as plantas submetidas a elevada temperatura ($42\text{ }^{\circ}\text{C}$), combinada ou não com CO_2 , apresentaram efeito contrário (CARVALHO, 2015). Segundo diversos autores, o aumento da temperatura do ar anula o efeito benéfico do CO_2 , nos cultivos de arroz (WALTER et al., 2010) e soja (RUIZ-VERA et al., 2013), milho e trigo (STRECK; ALBERTO, 2006).

Fotos: Cristhyan Alexandre Garcia de Carvalho

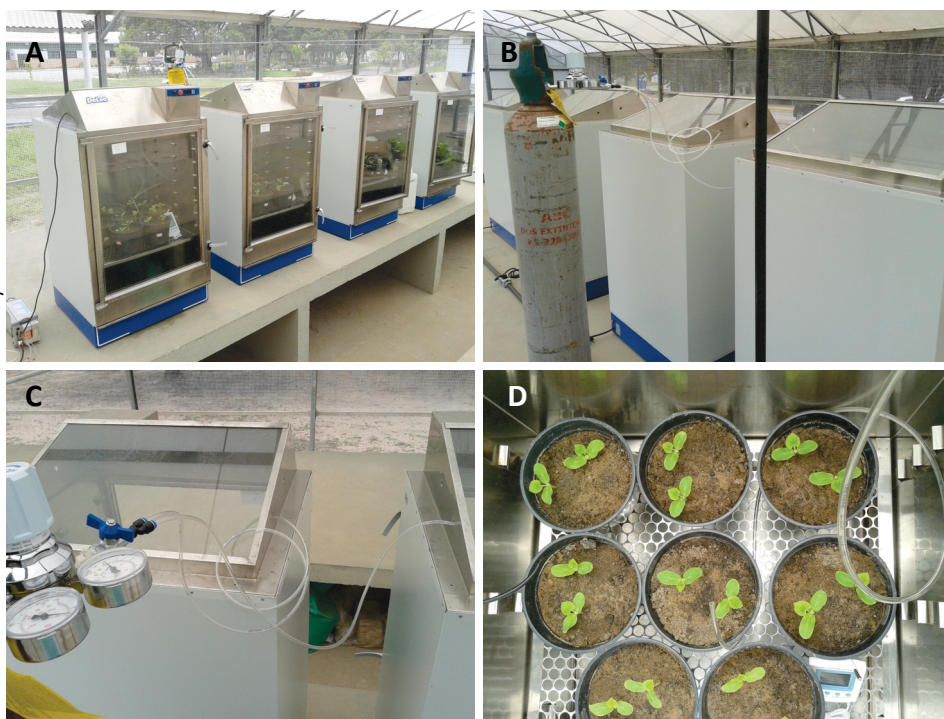


Figura 6. Câmaras de crescimento com sistema adaptado para temperatura e injeção de CO_2 .



Mavrogianopoulos et al. (1999), trabalhando em ambiente protegido verificaram que o aumento de CO_2 na atmosfera (800 ppm e 1.200 ppm) aumentou as taxas fotossintéticas do meloeiro em 75% e 120%, independentemente da salinidade, havendo maior produção de carboidratos. Essa maior produção reverteu parcialmente os efeitos negativos da salinidade sobre a fotossíntese, que por sua vez reduziu os danos da salinidade nos crescimentos da parte aérea e das folhas e no conteúdo de clorofila, embora o maior rendimento do melão tenha sido verificado na concentração mais baixa de salinidade. Assim, espera-se que, em áreas moderadamente salinas, o efeito de fertilização, induzido pelo aumento na concentração de CO_2 atmosférico, proporcione impacto benéfico sobre o crescimento e produção de melão, desde que as temperaturas não se elevem acentuadamente.

O uso de CO_2 adicionado por meio da água de irrigação é uma prática utilizada que produz bicarbonato, o qual é absorvido pelas plantas, provocando aumento na fixação de CO_2 . No meloeiro, essa prática pode ser adotada, sendo recomendado que seja realizada nos estádios fenológicos adequados, no período compreendido entre o início do florescimento, quando 80% das flores masculinas estão abertas, e o início da frutificação, quando ocorre 80% de pagamento dos frutos (FRIZZONE et al., 2005).

Pinto et al. (2006) verificaram que a aplicação de CO_2 e nitrogênio via água de irrigação aumentou a produtividade do meloeiro, não afetando significativamente as características químicas do fruto. Esses autores também constataram que o uso de CO_2 otimiza os efeitos de fertilizantes nitrogenados. Já Frizzone et al. (2005), aplicando CO_2 e K_2O via água de irrigação, obtiveram efeito significativo do CO_2 sobre acidez total, teor de sólido solúveis e pH da polpa dos frutos do meloeiro.

Considerações finais

No cenário futuro de mudanças climáticas, a elevação da concentração de CO_2 do ambiente estará sempre associada ao aumento da temperatura ambiente. Dessa forma, o efeito benéfico da fertilização natural com CO_2 pode ser sobrepujado pela influência negativa das altas temperaturas.

Além de a temperatura elevada por si só afetar negativamente o metabolismo vegetal, irá promover maiores taxas transpiratória e respiratória. Isso resultará em maior consumo de água e nutrientes pelas plantas, que, por



sua vez exigirá que o manejo da cultura seja aperfeiçoado, com melhorias na eficiência do uso da água e dos nutrientes.

Referências

AINSWORTH, E. A.; ORT, D. R. How do we improve crop production in a warming world? **Plant Physiology**, v. 154, p. 526-530, 2010.

ALBERT, T.; KARP, K.; STARAST, M.; PAAL, T. The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry. **Agronomy Research**, v. 8, n. 1, p. 759-769, 2010.

ARAÚJO, L. F. de; BARROS, J. R. A.; BARROS, J. R.; BEZERRA, M. A.; ANGELOTTI, F. Desenvolvimento inicial e trocas gasosas do meloeiro sob temperatura elevada. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Experiências e oportunidades para o desenvolvimento**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015a. (Embrapa Semiárido. Documentos, 262). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125320/1/28-1.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2015.

ARAÚJO, L. F. de; OLIVEIRA, N. P. dos S.; SILVA, R. M. e; BEZERRA, M. A.; ANGELOTTI, F. Influência do aumento do CO₂ no crescimento inicial e nas trocas gasosas do meloeiro amarelo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. especial, p. 439-453, 2015b.

ARAÚJO, S. A. do C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

BARBOSA, L. G.; SANTOS, R. M.; PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; AIDAR, S. de T.; SANTOS, C. A. F. Comportamento fisiológico de feijão-caupi sob diferentes concentrações de CO₂. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Experiências para mitigação e adaptação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 1 CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 239). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51209/1/Fran7.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

BERNACCHI, C. J.; LEAKEY, A. D. B.; HEADY, L. E.; MORGAN, P. B.; DOHLEMAN, F. G.; MCGRATH, J. M. Hourly and seasonal variation in photosynthesis and stomatal conductance of soybean grown at future CO₂ and ozone concentrations for 3 years under full open-air field conditions. **Plant, Cell & Environment**, v. 29, p. 2077-2090, 2006.

BEZERRA, M. A.; CALVET, A. S. F.; FARIAS, F. C.; ARAÚJO, L. F. de; KIILL, L. H. P. Comportamento dos visitantes florais do meloeiro em cultivo convencional com cobertura plástica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBF, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69642/1/Kiill.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2014.



BOUZO, C. A.; KÜCHEN, M. G. Effect of temperature on melon development rate. **Agronomy Research**, v. 10, n. 1-2, p. 283294, 2012.

CALVET, A. S. F.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C.; ARAÚJO, L. F. de; LIMA, R. E.; SIQUEIRA, K. M. M. Visitantes florais de Cucumis melo L. (Cucurbitaceae), em Pacajus-CE. In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE, 18., 2013, Maceió. **Do oceano ao sertão: livro de resumos e programa oficial**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas: Sociedade Nordestina de Zoologia, 2013. p. 251.

CARVALHO, C. A. C. de. **Impacto do estresse térmico e de CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro**. 2015. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

CHAGAS, E. A.; PIO, R.; CHAGAS, P. C.; PASQUAL, M.; BETTIOL NETO, J. M. Composição do meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 231-236, 2010.

COSTA, N. D. (Ed.). **Sistema de produção de melão**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 5).

CROUS, K. Y.; WALTERS, M. B.; ELLSWORTH, D. S. Elevated CO₂ concentration affects leaf photosynthesis–nitrogen relationships in Pinus taeda over nine years in FACE. **Tree Physiology**, v. 28, p. 607-614, 2008.

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. da S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 707-717, 2005b.

FRIZZONE, J. A.; D'ALBUQUERQUE JUNIOR, B. S.; REZENDE, R. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro cultivado em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 667-675, 2005a.

FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 97, p. 1-20, 2003.

GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; SILVA, M. R. da; SILVA, S. D. da. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 90-98, 2014.

GARCIA, J. B.; COSTA, I.; JULIÃO, L.; PAGLIUCA, L. G. Melão. **Hortifruti Brasil Magazine**, n. 151, nov. 2015. Disponível em: <https://issuu.com/hfbrasil/docs/hf151_>. Acesso em: 30 nov. 2015.

GRANDIS, A.; GODOI, S.; BUCKERIDGE, M. S. Respostas fisiológicas de plantas amazônicas de regiões alagadas às mudanças climáticas globais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 1-12, 2010.



HASEGAWA, T.; SAKAI, H.; TOKIDA, T.; NAKAMURA, H.; ZHU, C.; USUI, Y. Rice cultivar responses to elevated CO₂ at two free-air CO₂ enrichment (FACE) sites in Japan. **Functional Plant Biology**, v. 40, p. 148-159, 2013.

HATFIELD, J. L.; BOOTE, K. J.; KIMBALL, B. A.; ZISKA, L. H.; IZAURRALDE, R. C.; ORT, D. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 351–370, 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.

KIMBALL, B. A.; KOBAYASHI, K.; BINDI, M. Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment. **Advances in Agronomy**, v. 77, p. 293-368, 2002.

KOSOBRYUKHOV, A. A. Activity of the photosynthetic apparatus at periodic elevation of CO₂ concentration. **Russian Journal Plant Physiol**, v. 56, p. 8-16, 2009.

LLOYD, J.; FARQUHAR, G. D. Effects of rising temperatures and [CO₂] on the physiology of tropical forest trees. **Philosophical Transactions and Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, v. 363, p. 1811-1818, 2008.

LONG, S. P. Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by Atmospheric CO₂ concentrations: has its importance been underestimated? **Plant, Cell & Environment**, v. 14, p. 729-739, 1991.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 159p. il. (Biodiversidade, 26).

MARTINEZ, C. A.; BIANCONI, M.; SILVA, L.; APPROBATO, A.; LEMOS, M.; SANTOS, L.; CURTARELLI, L.; RODRIGUES, A.; MELLO, T.; MANCHON, F. Moderate warming increases PSII performance, antioxidant scavenging systems and biomass production in *Stylosanthes capitata* Vogel. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 58-67, 2014.

MAVROGIANOPOULOS, G. N.; SPANAKIS, J.; TSIKALAS, P. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. **Scientia Horticulturae**, v. 79, p. 51-63, 1999.

OLIVEIRA, A. M. **Aspectos técnicos e ambientais da produção de melão na Zona Homogênea Mossoroense, com ênfase ao controle da mosca-branca e da mosca minadora**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Base científica das mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: COPPE: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Contribuição do Grupo



de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. 464 p.

PAULA, F. L. M. de; FRIZZONE, J. A.; PAULA, A. L. de; DIAS, C. T. dos S.; SOARES, T. M. Produção de pimenta tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 133-138, 2011.

PIMENTEL, C.; BERNACCHI, C.; LONG, S. Limitations to photosynthesis at different temperatures in leaves of Citrus lemon. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 141-147, 2007.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. de; FEITOSA FILHO, J. C. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro, em função de nitrogênio e de CO₂ aplicados via fertirrigação. **Irriga**, v. 11, n. 2, p. 198-207, 2006.

PONTES, C. A. **Trocas gasosas e qualidade dos frutos de meloeiro amarelo cultivado em diferentes temperaturas**. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SALLES, L. A.; ALVES, C. E.; PIO, R. Stigma receptivity and in vitro citrus pollen grains germination protocol and adjustment. **Interciencia**, Caracas, v. 33, n.1, p. 51-55, 2008.

REZENDE, F. M. de; SOUZA, A. P. de; BUCKERIDGE, M. S.; FURLAN, C. M. Is guava phenolic metabolism influenced by elevated atmospheric CO₂? **Environmental Pollution**, v. 196, p. 483-488, 2015.

RISTIC, Z.; BUKOVNIK, U.; PRASAD, P. V. V. Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. **Crop Science**, v. 47, p. 2067-2073, 2007.

ROY, K. S.; BHATTACHARYA, P.; NEOGI, S.; RAO, K. S.; ADHYA, T. K. Combined effect of elevated CO₂ and temperature on dry matter production, net assimilation rate, C and N allocations in tropical rice (*Oryza sativa* L.). **Field Crops Research**, v. 139, p. 71-79, 2012.

RUIZ-VERA, U.; SIEBERS, M.; GRAY, S.; DRAG, D.; ROSENTHAL, D.; KIMBALL, B.; ORT, D.; BERNACCHI, C. Global warming can negate the expected CO₂ stimulation in photosynthesis and productivity for soybean grown in the Midwestern United States. **Plant Physiology**, v. 162, p. 410-423, 2013.

SAGE, R. F. Acclimation of photosynthesis to increasing atmospheric CO₂. The gas exchange perspective. **Photosynthesis Research**, v. 39, p. 351-368, 1994.

SILVA, R. de C. B. da; LOPES, A. P.; RIOS, E. S.; REIS, R. C. R.; ARAÚJO, M. N.; ANGELOTTI, F.; DANTAS, B. F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de melancia submetidas a diferentes concentrações de CO₂. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO



NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Experiências para mitigação e adaptação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. (Embrapa Semiárido. Documentos, 239).

STARCK, Z.; WAZYNSKA, Z.; KUCEWICZ, O. Comparative effects of heat stress on photosynthesis and chloroplast ultrastructure in tomato plants with source-sink modulated by growth regulators. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 15, p. 125-133, 1993.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, 2006.

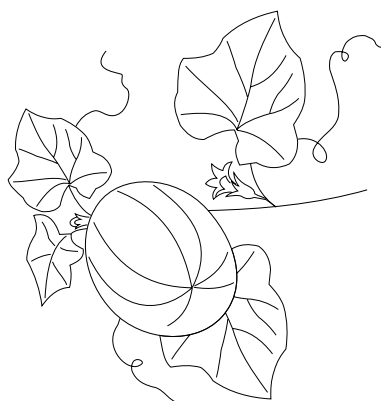
TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 199-223, 2007.

WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; KRUGER, C. A. M. B. Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, 2010.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, v. 119, p. 101-117, 2014.

*Pegada ambiental do melão:
o que é e como avaliar*



Capítulo • 1

Avaliação da pegada ambiental de produtos

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Cássia Maria Lie Ugaya

Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura

Viviane da Silva Barros

Tayane de Lima dos Santos

Introdução

A pegada ambiental de produtos é uma medida quantitativa do desempenho ambiental de um produto, considerando toda ou parte da cadeia de suprimento, consumo e pós-consumo, ou seja, o ciclo de vida do produto (EUROPEAN UNION, 2013a). O desempenho ambiental de um produto é avaliado considerando o inventário de consumos (ex.: água e energia) e emissões (ex.: gases de efeito estufa) relacionados ao seu ciclo de vida, na avaliação dos potenciais impactos causados no meio ambiente.

O termo “pegada ambiental” foi introduzido pelo Centro de Pesquisa Científica na União Europeia (Joint Research Centre – JRC) com o objetivo de promover a avaliação ambiental de produtos baseada na avaliação de ciclo de vida por parte de empresas e instituições responsáveis pelo seu desenvolvimento e comercialização. Assim, a avaliação da pegada ambiental é ampla, compreendendo as seguintes categorias de impactos ambientais: mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, formação foto-oxidante, emissões de materiais particulados inorgânicos, radiação ionizante, depleção de recursos naturais (minerais e fósseis, incluindo a água), eutrofização marinha e de águas doces, acidificação do solo, mudança no uso da terra (perda de biodiversidade e da qualidade do solo), toxicidade humana e ecotoxicidade (EUROPEAN UNION , 2013a).

Estudos de pegada ambiental de produtos podem subsidiar a melhoria da eficiência do uso de recursos naturais e redução de impactos ambientais



nos diversos elos da cadeia produtiva associada a um produto. Em 2013, a União Europeia, por meio do JRC, iniciou um programa em conjunto com várias empresas europeias, visando avaliar, informar e reduzir a pegada ambiental de uma série de produtos, em especial alimentícios, como cerveja, café, peixes de água salgada e carne bovina (EUROPEAN UNION, 2013b).

A avaliação da pegada ambiental também pode apoiar programas de rotulagem ambiental tipo I, II e III, de acordo com a norma ISO 14020 (ISO, 2000). As rotulagens tipo I e III são certificadas por terceira parte acreditada por órgão normatizador oficial (ex.: ABNT no Brasil), enquanto a rotulagem tipo II é para autodeclaração. As principais diferenças entre os rótulos I e III é que o tipo I segue critérios de desempenho ambiental pré-estabelecidos por uma organização externa à empresa que utiliza o rótulo em seu produto, apresenta um rótulo com o nome do programa ambiental, não informa diretamente o desempenho ambiental de um produto nem obrigatoriamente considera o ciclo de vida do produto. O tipo III requer a aplicação da avaliação de ciclo de vida e informa em rótulo o resultado da pegada ambiental, considerando uma ou mais categorias de impacto. Exemplos de rótulos tipo I são *Transfer Fair Trade* e *Marine Stewardship Council*, e de rótulos tipo II, o PAS 2050 (BRITISH STANDARDS, 2011) e ISO 14067 (ISO, 2012), para pegada de carbono, e ISO 14046 (ISO, 2014), para pegada hídrica de produtos.

As normas ISO 14020, 14021, 14024 e 14025 definem os procedimentos e requisitos para obtenção de cada tipo de rótulo: i) tipo I, ISO 14024 (ISO, 1999a), ii) tipo II, norma ISO 14021 (ISO, 1999b), e iii) tipo III, norma 14025 (ISO, 2006a). De acordo com a norma ISO 14025, as empresas podem declarar a pegada ambiental de um produto (tipo III) quando seguem os procedimentos de avaliação de ciclo de vida (ACV) estabelecidos na norma ISO 14040 (2006b). Declarações da pegada ambiental de um produto podem ser divulgadas em diferentes formatos, como selos ambientais, rótulos contendo gráficos, boletins ou outros documentos tornados públicos.

No que se refere à pegada ambiental de alimentos, o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (United Nations Environmental Program – UNEP) e a Organização para Alimentação e Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO) estabeleceram a Força Tarefa Agroalimentar (FAO/UNEP Agri-Food Task Force). Dentre as ações desse programa, está a promoção de estudos de pegada ambiental de produtos, considerando seu ciclo de vida, por empresas do setor agroalimentar (MOOMAW et al., 2012).



A declaração da pegada ambiental de um produto não é obrigatória por nenhuma legislação, mas uma decisão voluntária de cada empresa. Entretanto, a consciência dos problemas ambientais globais por parte de consumidores e empresas nos últimos 10 anos vem intensificando o desenvolvimento de estudos de pegada ambiental de produtos.

Embora o estudo de pegada ambiental seja amplo e preconize a avaliação de várias categorias de impactos ambientais, devido à internacionalização do debate sobre aquecimento global e escassez hídrica, muitos estudos têm focado na avaliação das categorias de impacto: mudanças climáticas, em estudos de pegada de carbono, e escassez hídrica, em estudos de pegada hídrica. Atualmente, grandes empresas varejistas de alimentos, como Tesco (TESCO, 2013) e Dole (DOLE FOOD COMPANY, 2013; SIKIRICA, 2011), realizam a avaliação das pegadas de carbono e hídrica de seus produtos e incentivam toda a cadeia de suprimentos a também realizarem esses estudos.

É importante ponderar que estudos de pegada de carbono ou hídrica de produtos agrícolas são pontuais no sentido de que consideram apenas aspectos (ex.: gases de efeito estufa e água consumida) e impactos (ex.: mudanças climáticas e escassez hídrica) ambientais específicos. Uma abordagem ampla das questões ambientais pode somente ser empreendida quando se avalia a pegada ambiental de um produto, ou seja, quando todos os aspectos e impactos ambientais são levantados, considerando os processos relacionados ao ciclo de vida de um produto agrícola.

As próximas seções deste capítulo apresentam os conceitos e etapas de estudos de ciclo de vida de produtos. Como já mencionado, a ACV é uma metodologia que precisa ser seguida em quaisquer estudos de pegada ambiental de produtos, ou em estudos de pegada focados em categorias ambientais específicas, como os de pegada hídrica e de carbono.

Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

O conceito de ciclo de vida (*Life Cycle Thinking*) interliga um determinado produto a um fluxo de processos executados ao longo de uma cadeia produtiva e além dela, abrangendo o consumo e o pós-consumo. Uma avaliação considerando todo o ciclo de vida de um produto abrange a extração e processamento de matérias-primas, manufatura, transporte, distribuição, uso, reúso, manutenção, reciclagem e disposição final do produto (Figura 1).

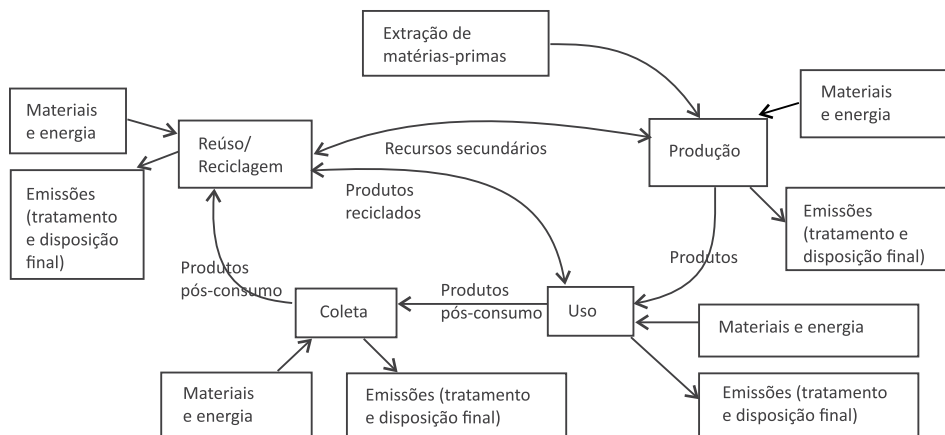


Figura 1. Etapas do ciclo de vida de um produto genérico.

Fonte: A partir de Rebitzer et al. (2004).

Esse conceito vem sendo adotado por pesquisadores, empresários e instituições governamentais e não governamentais com o intuito de auxiliar a tomada de decisão sobre pesquisa, desenvolvimento, comercialização e disposição final de produtos e serviços, permitindo a expansão dos horizontes da avaliação de impacto ambiental (FRANKL; RUBIK, 2000).

As normas ISO 14040 e 14044 (ISO, 2006b,c) estabelecem os procedimentos necessários para condução de uma ACV. Segundo a norma ISO 14040 (ISO, 2006b), a ACV busca acessar os aspectos e impactos ambientais de produtos por meio de: i) planejamento da avaliação com a definição do objetivo e escopo do estudo; ii) compilação de um inventário de entradas e saídas (aspectos ambientais) em uma cadeia produtiva, acrescida das etapas de consumo e pós-consumo; iii) avaliação dos impactos ambientais potenciais associados com as entradas e saídas; e iv) interpretação dos resultados da análise em relação aos objetivos do estudo.

Planejamento da avaliação

O planejamento de um estudo de ACV resulta na definição clara do objetivo do estudo, da unidade funcional utilizada, do escopo da avaliação e dos métodos de avaliação de impactos a serem utilizados. O objetivo de uma avaliação deve estabelecer a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-



-alvo. Em estudos de pegada de carbono de produtos agrícolas, o objetivo é quantificar a pegada de carbono de um produto, sendo a categoria de mudanças climáticas o foco da avaliação. Já estudos de pegada hídrica podem estar focados na avaliação de uma ou mais categorias de impacto relacionadas ao uso da água, como escassez hídrica, toxicidade aquática e eutrofização.

Nessa etapa, deve-se também apresentar a função ou serviço desempenhado pelo produto, quantificada pela unidade funcional e pelo fluxo de referência. A unidade funcional é uma medida da função de uma tecnologia, permitindo que o seu desempenho ambiental seja avaliado com base em uma medida de referência. Estudos de pegada de carbono ou hídrica realizados por unidades agrícolas e processadoras de alimentos produtoras de alimentos usualmente têm o foco na função de produção, ou seja, utilizam como unidade funcional a quantidade de produto produzido (ex.: quilo de melão, quilo de queijo coalho). Outros estudos, no entanto, consideram todo o ciclo de vida de um produto, como, por exemplo, os estudos voltados à nutrição humana que utilizam como unidade funcional o consumo de determinada quantidade de calorias (ou proteína) no tempo. Nesse último caso, o consumo de calorias pode vir de um conjunto de produtos cujas quantidades consumidas compõem os fluxos de referência do estudo.

O escopo de um estudo precisa ser delimitado na etapa de planejamento, ou seja, devem-se definir quais processos da cadeia produtiva, de consumo e pós-consumo serão contemplados na avaliação de um produto. Muitos estudos de pegada de carbono e hídrica de alimentos abrangem os processos de produção até a chegada no mercado varejista, incluindo processos de: produção de insumos agrícolas (ex.: fertilizantes, pesticidas, sementes, combustível, energia elétrica), transporte dos insumos para fazenda, produção na fazenda, processamento, embalagem do produto e seu transporte ao mercado consumidor. Esse tipo de escopo é denominado “do berço ao portão”. Já os estudos que, além de considerarem a extração de matérias-primas e produção, também contemplam o uso e disposição final do produto têm o escopo “do berço ao túmulo”.

Os requisitos de qualidade dos dados relacionados à cobertura temporal, geográfica e tecnológica dos processos em estudo devem também ser estabelecidos, assim como os métodos de avaliação de impacto que serão utilizados, uma vez que diferentes métodos estão disponíveis na literatura para avaliação de cada categoria de impacto (PENNINGTON et al., 2004).



Inventário de ciclo de vida (ICV)

Na realização do ICV, são levantadas todas as entradas e saídas dos processos relacionados a determinado produto, em cada etapa do ciclo de vida, resultando em um levantamento quantitativo de matérias-primas, energia, insumos, produtos, coprodutos e emissões geradas que serão alvo da avaliação de impacto ambiental (REBITZER et al., 2004). Todos os materiais extraídos diretamente da natureza e emissões liberadas para a natureza, integrantes do inventário em cada etapa analisada do ciclo de vida, são somados, gerando totais de consumos de recursos naturais e emissões no inventário final de ciclo de vida do produto.

Visando facilitar a quantificação de entradas e saídas de processos agrícolas e industriais comuns a vários produtos e serviços, foram desenvolvidas bases de dados para países europeus, norte-americanos e asiáticos. Essas bases contêm inventários para vários processos, por exemplo, relacionados à produção de energia e matérias-primas (ex.: fertilizantes e agrotóxicos), produtos agrícolas, além de serviços, como transporte e distribuição de energia.

Exemplos de bases de dados com inventários de produtos agrícolas são o Ecoinvent (FRISCHKNECHT, 2005) e a base de dados Europeia (European Reference Life Cycle Database – ELCD) (JOINT RESEARCH CENTRE, 2012), que contêm inventários de alguns produtos agrícolas, principalmente produzidos na Europa, e o Agri-Footprint (PRÉ CONSULTANT, 2015). A base de dados Ecoinvent contém inventários para as culturas de tomate, trigo, cevada, centeio, milho, fava, soja, ervilhas, girassol, colza e beterraba cultivadas na Suíça, assim como cana-de-açúcar cultivada no Brasil e algodão na China e Estados Unidos (WEIDEMA et al., 2013). Essas bases estão constantemente sendo ampliadas e atualizadas, considerando os sistemas de produção característicos de cada país.

A quantificação do uso de insumos em processos agrícolas é realizada por meio de entrevistas aplicadas a produtores rurais, associações de produtores e dados de literatura. São levantados dados referentes ao consumo médio de insumos e produção, relativos a uma determinada área (ex.: um hectare) e a um ciclo de produção. Buscam-se usualmente valores médios representativos dos últimos anos de cultivo, utilizando o sistema de produção atual. Nesse levantamento, contempla-se uma amostra representativa das várias áreas produtoras que caracterizam um determinado sistema de produção praticado em uma região.



As emissões de poluentes oriundas de áreas agrícolas podem ser quantificadas a partir de medições efetuadas em campo ou utilizando modelos ambientais. A medição de poluentes em campo precisa ser representativa do ciclo de produção e considerar vários anos, demandando tempo, recursos humanos e financeiros para o levantamento consistente dos dados. Assim, a maioria dos inventários de produtos agrícolas utilizam modelos ambientais para estimativa das emissões de poluentes. Os modelos utilizados pelo INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2006), para o cálculo de gases de efeito estufa (GEE), e pela base de dados *ecoinvent* (NEMECEK; SCHNETZER, 2011), para o cálculo de emissões de amônia, nitrato, óxidos de nitrogênio, fósforo, fosfato, metais pesados e pesticidas, são amplamente utilizados em todo o mundo, embora tenham sido desenvolvidos para regiões de clima temperado.

Ao final dessa etapa, têm-se inventários de cada processo de produção contendo entradas e saídas quantificadas e relacionadas à unidade funcional estabelecida. Um exemplo de inventário do processo de produção de melão Cantaloupe é apresentado na Tabela 1. Neste estudo, como o objetivo é avaliar a pegada de carbono do produto, somente as emissões de gases de efeito estufa foram quantificadas.

Avaliação do impacto de ciclo de vida (AICV)

A avaliação de impacto ambiental de ciclo de vida (AICV) relaciona o uso de recursos naturais e as emissões de poluentes, resultante de todos os processos que integram o sistema de produto em estudo, a efeitos ou impactos no meio ambiente (BAUMANN; TILLMAN, 2004). O uso de recursos naturais pode causar a escassez ou extinção quando a taxa de extração ou exploração do recurso é superior à sua disponibilidade no meio ambiente, com consequências socioeconômicas que afetam a sociedade. Já as emissões de poluentes podem modificar a qualidade da água, do solo e do ar, afetando os seres vivos que fazem parte do meio ambiente.

A definição de quais categorias de impacto são de interesse ao estudo e de como serão mensuradas é o primeiro passo na avaliação de impactos. Essa definição requer conhecimento sobre os principais problemas ambientais que afligem a sociedade, assim como a utilização de regras claras para qualificação e quantificação dos impactos.



Tabela 1. Inventário de consumos e emissões de GEE para uma tonelada de melão cantaloupe exportado.

Entradas e saídas	Unidade	Produção agrícola
Terra	m ²	430,43
Sementes	g	0
Mudas	g	2.471,75
Substrato de coco	g	0
Água	L	195,08
Eletricidade	kWh	44,77
Diesel	g	13.110,12
Produtos de limpeza	g	0
Plásticos	g	23.331,76
Papel	g	0
Madeira (pallets)	g	0
Fertilizantes		
Composto orgânico	g	131.670
N	g	2.970
P ₂ O ₅	g	4.950
K ₂ O	g	10.890
Outros	g	1.188
Agroquímicos		
Inseticidas	g	410,12
Fungicida	g	308,61
Herbicida	g	0
Resíduos sólidos		
Plásticos	g	23.331,76
Embalagem de agroquímicos	g	643,5
GHG		
CO ₂	g	187.375,32
CH ₄	g	215,82
N ₂ O	g	217,8

Fonte: Santos et al. (2013).



Figueirêdo et al. (2010) apontam e descrevem as seguintes categorias de impactos ambientais relevantes à atividade agroindustrial: perda da biodiversidade, erosão, compactação, salinização e sodificação do solo, acidificação, contaminação ambiental por agrotóxico (toxicidade), contaminação ambiental por resíduos sólidos (eutrofização, toxicidade), escassez hídrica, poluição hídrica (eutrofização e toxicidade), mudança climática, depleção de fontes não renováveis de matéria e energia e contaminação alimentar (toxicidade). Algumas dessas categorias dispõem de métodos de avaliação de impacto amplamente aceitos e adotados em AICV, já outras, por exemplo as relacionadas ao solo (erosão, compactação e salinização), são ainda objeto de desenvolvimento.

A quantificação de impactos requer o uso de regras claras que facilitem o levantamento dos dados, a modelagem e a interpretação dos resultados. A norma ambiental ISO 14044 (2006c) busca auxiliar esse trabalho na ACV, estabelecendo as seguintes etapas, algumas obrigatórias e outras opcionais, para avaliação de impacto considerando o ciclo de vida do produto:

- Obrigatórias: seleção das categorias de impacto, indicadores de categoria, classificação e modelos de caracterização.
- Opcionais: normalização, agrupamento, ponderação e análise da qualidade dos dados.

Essas etapas se relacionam da forma apresentada na Figura 2. Inicialmente, os fluxos elementares do inventário são identificados, selecionados e relacionados (classificação) a categorias ou tipos de impactos ambientais, utilizando-se um modelo de caracterização. Estão disponíveis modelos de caracterização que permitem a avaliação de impactos intermediários (*midpoint*, ponto médio) e finais (*endpoint*, ponto final) na cadeia de causa e efeito ambiental (PENNINGTON et al., 2004). Os resultados de cada categoria de impacto podem ser normalizados em relação a uma referência, por exemplo, os impactos na acidificação causados por um cidadão global em 1 ano. Outro item opcional é o agrupamento em que categorias de impactos similares são organizadas em grupos. Por último, na ponderação, diferentes pesos podem ser atribuídos às categorias de impacto, permitindo somar os resultados em uma única pontuação. Ao longo do processo de avaliação, a qualidade dos dados e dos resultados obtidos deve ser continuamente analisada.



AICV: etapas da avaliação

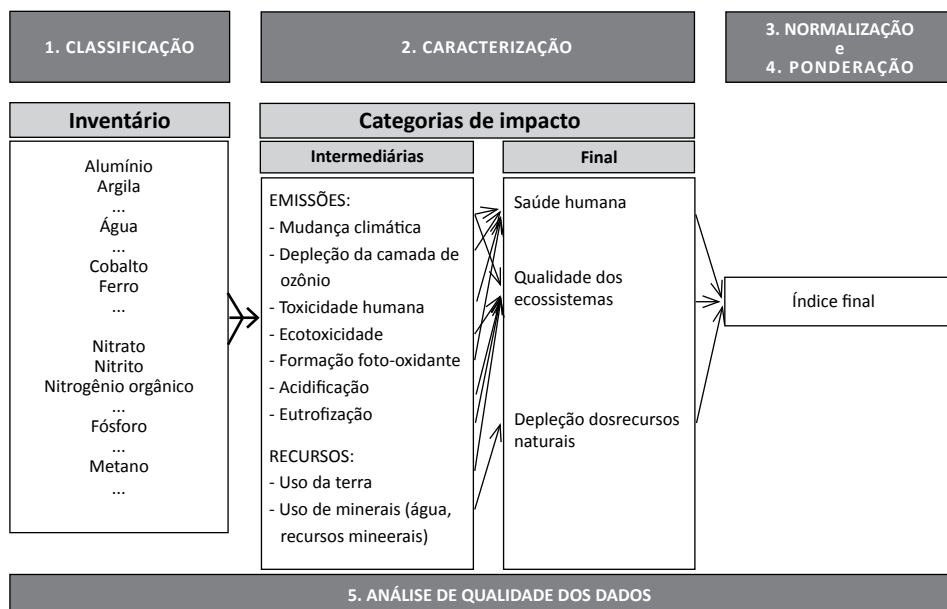


Figura 2. Relação entre etapas da AICV.

De acordo com a Comissão Europeia (JOINT RESEARCH CENTRE, 2012), as categorias de impacto com métodos de AICV recomendados para o contexto europeu são:

– Relacionadas ao uso de recursos naturais: uso da terra, escassez hídrica e depleção de recursos minerais.

– Relacionadas às emissões de poluentes: mudança climática, depleção da camada de ozônio, toxicidade (efeitos cancerígenos na saúde humana, efeitos não cancerígenos na saúde humana, radiação ionizante, material particulado e ecotoxicidade aquática), formação de ozônio fotoquímico, acidificação terrestre e aquática, eutrofização terrestre e aquática.

O Anexo A traz uma breve descrição dessas categorias de impactos.

Seleção das categorias de impacto ambiental

O primeiro passo na avaliação de impactos ambientais é a seleção dos principais problemas ambientais para o estudo que se pretende realizar. Essa identificação requer o conhecimento da cadeia de causa e efeito ambiental.



A cadeia de causa e efeito relaciona fluxos elementares (consumos e emissões) a vários níveis de impacto, usualmente classificados em intermediários e finais. Quando as características físico-químicas das substâncias inventariadas são consideradas, pode-se inferir sobre seus potenciais efeitos no meio ambiente. Além das características das substâncias, também podem ser consideradas as características do meio receptor de emissões ou doador de recursos, permitindo melhor compreensão do transporte das substâncias, nível existente de poluição do meio e potencial efeito da carga poluente adicionada ao ambiente. Nesse estágio de avaliação, são definidas categorias intermediárias de impacto ambiental, observando-se efeitos primários na cadeia de causa e efeito ambiental. Exemplos de impactos intermediários são o aumento do potencial de aquecimento global, o aumento da acidez do solo, a erosão e o enriquecimento de corpos d'água superficiais com nutrientes.

A ocorrência de alterações ambientais em uma região pode ainda causar a morte ou desabilitar pessoas e outros seres vivos, especialmente quando suas condições de saúde e capacidade de adaptação estão comprometidas, podendo as emissões causarem efeitos secundários no ambiente. Esse estudo aprofundado do ambiente receptor de emissões ou doador de recursos, que considera níveis de poluição no meio e de exposição das espécies, permite avaliar o dano causado por substâncias aos seres humanos, aos ecossistemas e aos estoques de recursos minerais. Fala-se então de impacto ambiental final.

Tomando como exemplo as emissões de gases de efeito estufa (ex.: CO_2 , N_2O , CH_4), observa-se que esses gases possuem diferentes capacidades de absorção dos raios infravermelhos do sol, contribuindo para o aumento da temperatura na troposfera em determinadas regiões do planeta. A análise da capacidade de absorção de cada gás permite agregá-los na categoria intermediária de impacto “aquecimento global”. Por sua vez, o aumento da temperatura em uma dada região pode causar efeitos secundários como modificação do clima, aumentando a ocorrência de eventos extremos (ex.: secas, inundações). Esses efeitos podem elevar a ocorrência de doenças respiratórias, gastrointestinais (ex.: diarreia) e desnutrição nessa região, causando dano à saúde humana. O aumento de temperatura pode ainda afetar a sobrevivência de espécies, levando à sua extinção. Assim, em uma avaliação de impacto, deve-se compreender a cadeia de causa e efeitos ambientais e escolher o nível de avaliação suficiente para atender aos objetivos de um estudo (Figura 3).

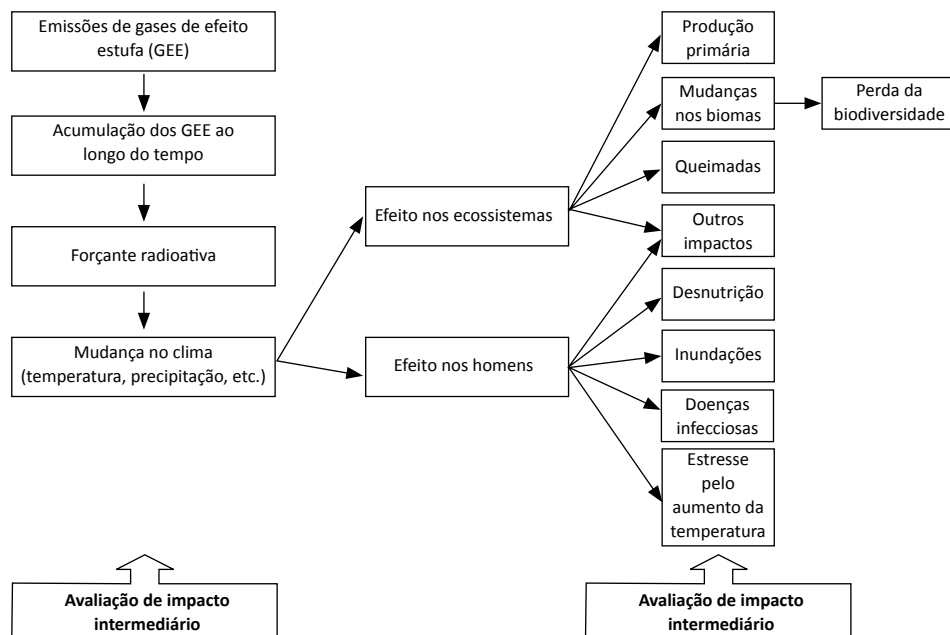


Figura 3. Cadeia de causa e efeito para mudanças climáticas.

Fonte: Joint Research Centre (2010).

Classificação

Nessa etapa, os itens inventariados são associados a uma ou mais categorias de impacto (ISO, 2006c). Essa múltipla associação é possível quando um item do inventário ambiental causar impactos que são independentes. Exemplificando, óxidos de nitrogênio na presença da luz solar podem causar a formação de ozônio foto-oxidante. Em seguida, essa mesma molécula pode reagir com o vapor d'água e liberar prótons H^+ , contribuindo para acidificação do solo. O átomo de nitrogênio pode ser precipitado com a chuva e causar a eutrofização de corpos hídricos. Tendo em vista os múltiplos impactos ambientais que um fluxo elementar pode causar, é necessário estabelecer sua relevância para cada categoria de impacto que é realizado por métodos de caracterização.

Caracterização

A etapa de caracterização permite quantificar potenciais impactos ambientais, considerando os fluxos elementares inventariados. Nessa etapa, pode-se avaliar a relevância de diferentes substâncias emitidas ou recursos consumidos na ocorrência de um impacto (ISO, 2006c). Para tanto, são utilizados



métodos científicos que estabelecem fatores de caracterização para substâncias inventariadas e classificadas em certa categoria de impacto. Substâncias classificadas em mais de uma categoria de impacto têm fatores de caracterização distintos para cada categoria.

Os métodos de caracterização geram fatores que indicam a importância de cada substância classificada para uma categoria de impacto em relação a uma substância de referência. Na avaliação intermediária de impactos causados por emissões, essa importância é usualmente definida a partir da análise das características físico-químicas das substâncias e de como essas características podem acarretar um impacto. Na avaliação do impacto intermediário devido ao consumo de recursos naturais, a importância é definida considerando a taxa de extração de recursos, ou seja, a relação entre demanda e disponibilidade do recurso.

Métodos de caracterização definem indicadores para avaliar o mecanismo ambiental e permitir a quantificação de cada categoria de impacto. Tomando como exemplo a categoria de impacto aquecimento global, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006) estabeleceu fatores de caracterização para gases de efeito estufa. O indicador utilizado foi o forçamento radioativo infravermelho, característico de cada gás, medido em W/m^2 . Analisando o forçamento radioativo médio global de cada gás, para um determinado período de tempo, em relação ao dióxido de carbono, o Intergovernmental Panel on Climate Change estabeleceu potenciais de aquecimento global para cada gás. Esse potencial de aquecimento é o fator de caracterização utilizado na avaliação intermediária do efeito de emissões de gases de efeito estufa nas mudanças climáticas. Exemplos de forçamento radioativo e de potencial de aquecimento global de alguns gases estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Forçamento radioativo e potencial de aquecimento global para CO_2 , CH_4 e N_2O .

Gás de efeito estufa	Forçamento radioativo ($\text{W m}^{-2} \text{ ppb}^{-1}$)	Potencial de aquecimento global para diferentes horizontes de tempo ($\text{kg CO}_2\text{-eq/kg de gás}$)		
		20 anos	100 anos	500 anos
Dióxido de carbono (CO_2)	$1,4 \times 10^{-5}$	1	1	1
Metano (CH_4)	$3,7 \times 10^{-4}$	72	25	7,6
Óxido Nitroso (N_2O)	$3,03 \times 10^{-3}$	289	298	153

Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change (2006).



No cálculo do impacto, as cargas poluentes ou quantidades de recursos consumidos quantificadas no inventário são multiplicadas por fatores de caracterização, permitindo a sua agregação e expressão da categoria de impacto em termos de uma substância equivalente (Equação 1). No caso da categoria mudança climática, a carga emitida de cada gás é multiplicada pelo seu potencial de aquecimento global, sendo esses valores somados e o resultado final expresso na unidade métrica kg de CO₂-equivalente (CO₂-eq) por quantidade de unidade funcional considerada.

$$\text{Impacto ambiental} = \sum \text{quantidade substância} * \text{fator de caracterização} \quad (\text{Eq. 1})$$

Quando o foco da avaliação é o impacto final causado por emissões, considerando o ciclo de vida de um produto, métodos mais complexos e que trazem maior incerteza são empregados no cálculo de fatores de caracterização (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2003). Os indicadores empregados na avaliação de impacto final relacionam emissões a efeitos sobre a saúde humana, a qualidade de ecossistemas. Já os indicadores utilizados na avaliação de impacto final nas reservas de recursos naturais relacionam o consumo de recursos abióticos à depleção das reservas existentes e sua indisponibilidade futura.

No caso de dano resultante de emissões, utilizam-se modelos de avaliação que consideram além das características físico-químicas das substâncias e seu transporte em vários meios (solo, ar, água), as cargas poluentes já presentes nos meios e a exposição aos poluentes dos seres vivos. Quando o foco é a depleção de recursos abióticos, os modelos podem considerar a energia ou custo marginal relativo à extração do recurso em depósitos de mais difícil acesso, ou o custo de substituição do recurso por outro de maior disponibilidade (BAUMANN; TILLMAN, 2004).

Na avaliação de impacto final, os métodos para cálculo dos fatores de caracterização usualmente expressam os resultados dos impactos na saúde humana em termos de anos de vida perdidos ou vividos sem saúde (*Disability-adjusted loss of life years* – DALY). A perda potencial de espécies em 1 ano por área ou volume (*Potentially disappeared fraction of species* – PDF) é usualmente a unidade de medida utilizada para avaliação da qualidade dos ecossistemas. Já o custo marginal de extração ou substituição do recurso usualmente expressa o dano aos recursos naturais.



Na AICV, métodos de caracterização utilizados na avaliação de um conjunto de categorias de impactos são agrupados e apresentados em pacotes metodológicos. Dois importantes pacotes metodológicos que permitem a avaliação de categorias tanto intermediárias como de dano ambiental são o Impact 2002+ (JOLLIET et al., 2003) e o ReCiPe (GOEDKOOPE et al., 2009). O ReCiPe congregou dois importantes métodos anteriores: o CML (GUINÉE et al., 2001) e o Eco-indicator 99 (GOEDKOOPE; SPRIENSMA, 2000). Nesses pacotes, os modelos de avaliação de dano ambiental consideram o continente europeu ou áreas temperadas como regiões de referência para modelagem do transporte de poluentes, níveis de poluição pré-existentes e efeitos sobre os seres vivos.

Em face da grande variedade de métodos de avaliação de impacto disponíveis, a Comissão Europeia realizou uma análise comparativa desses métodos, considerando critérios que avaliam as melhores práticas para estruturação de métodos de avaliação de impacto de ciclo de vida (JOINT RESEARCH CENTRE, 2011). Foram analisados métodos presentes nos seguintes pacotes metodológicos: CML 2002, Eco-Indicator 99, EDIP (1997-2003), EPS2000, Impact 2002+, LIME, LUCAS, Swiss Ecoscarcity or Ecological scarcity, TRACI, MEEuP methodology e EcoSense. A classificação desses métodos e seus indicadores por categoria de impacto é apresentada na Tabelas 3, considerando avaliações intermediárias e de impacto final. Nota-se que há níveis diferenciados de recomendação, sendo que, para algumas das categorias de impacto, nenhum método é recomendado.

Dada a importância de métodos reconhecidos pela comunidade científica, em 2013, foi lançado um projeto com o objetivo de alcançar consenso nos indicadores de categoria dentro da Iniciativa do Ciclo de Vida do Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente (PNUMA) e a Sociedade de Química Ambiental e Toxicológica (Setac).



Tabela 3. Métodos e indicadores por categoria de impacto intermediário e de dano ambiental.

Categoria de impacto	Avaliação intermediária			Dano ambiental	
	Método recomendado	Indicador	Classifi- cação ⁽¹⁾	Método recomendado	Indicador
Mudança climática	Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), 100 anos	Forçante radioativa no cálculo do Potencial de Aquecimento Global (<i>Global Warming Potential – GWP</i>)	I	Não recomendado	-
Depleção da camada de ozônio	Potencial de depleção indicado pela Organização Mundial (WHO; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2012), 100 anos	Potencial de depleção de ozônio (<i>Ozone depletion potential – ODP</i>)	I	Não recomendado	-
Toxicidade humana, efeitos cancerígenos	USEtox (ROSENBAUM et al., 2008)	Unidade comparativa de toxicidade para humanos	II/III	Cálculo do DALY aplicado ao USEtox (ROSENBAUM et al., 2008)	Dias de vida perdidos ou desabilitados (<i>Disability Adjusted Life Years – DALY</i>)
Toxicidade humana, efeitos não cancerígenos	USEtox (ROSENBAUM et al., 2008)	Unidade comparativa de toxicidade para humanos	II/III	Não recomendado	-
Toxicidade humana, material particulado	RiskPoll model (RABL; SPADARO, 2004; GRECO et al., 2007)	Fração inalada de partículas pequenas (kg PM 2.5-eq/kg)	I	DALY (adaptado de VAN ZELM et al., 2008)	Dias de vida perdidos ou desabilitados (<i>Disability Adjusted Life Years – DALY</i>)
Toxicidade humana, radiação ionizante	Modelo de efeito sobre a saúde humana desenvolvido por European Commission (1995) e Frischknecht et al., (2000)	Eficiência de exposição humana relativa ao U ²³⁵	II	Não recomendado	-
Ecotoxicidade, terrestre e marinha	Nenhum método recomendado	-	-	Não recomendado	-

⁽¹⁾ I - Recomendado e satisfatório; II - Recomendado, mas necessita de algumas melhorias; III - Recomendado mas para ser usado com precaução. Fonte: Joint Research Centre (2011).

Continua...



Tabela 3. Continuação.

Categoria de impacto	Impactos intermediários		Impactos finais (dano ambiental)	
	Método recomendado	Indicador	Classifi- cação ⁽¹⁾	Classifi- cação ⁽¹⁾
Ecotoxicidade, água doce	USEtox (ROSENBAUM et al., 2008)	Unidade comparativa de toxicidade para humanos	II/III	-
Formação de ozônio fotooxidante	LOTOS-EUROS utilizada no ReCIpe (GOEDKOOPEt al., 2009)	Aumento na concentração de ozônio troposférico	II	II
Acidificação	Ultrapassagem acumulada (SEPPÁLA et al., 2006; POSCH et al., 2008)	Ultrapassagem acumulada (<i>Accumulated Exceedance</i> – AE)	II	-
Eutrofização terrestre	Ultrapassagem acumulada (SEPPÁLA et al., 2006; POSCH et al., 2008)	Ultrapassagem acumulada (<i>Accumulated Exceedance</i> – AE)	II	-
Eutrofização aquática	Modelo EUTREND como implementado em ReCIpe (GOEDKOOPEt al., 2009)	Fração de nutrientes que chega a curso de água doce (Fósforo) ou estuários (Nitrogênio)	II	-
Uso da terra	Modelo baseado na matéria orgânica do solo (<i>Soil organic matter</i> – SOM) (MILÀ i CANALS et al., 2007)	Matéria orgânica do solo	III	-
Depleção de recursos naturais, minerais e fósseis	Modelo para consumo de água em Ecoscarcity (FRISCHKNECHT et al., 2008)	Uso da água relacionado à escassez regional	III	-
Depleção de recursos naturais, água	CML 2002 (GUINÉE et al., 2001)	Escassez	II	-

⁽¹⁾ I - Recomendado e satisfatório; II - Recomendado, mas necessita de algumas melhorias; III - Recomendado mas para ser usado com precaução. Fonte: Joint Research Centre (2011).



Normalização

O objetivo dessa etapa é melhorar a compreensão da magnitude dos impactos que são expressos em diferentes unidades de medida (ISO, 2006c). Para tanto, os resultados das categorias de impacto são divididos por um valor de referência, convertendo os resultados da caracterização em valores adimensionais. Esse valor usualmente representa o potencial de impacto, em cada categoria, de um local (país, continente, mundo) ou pessoa (BAUMANN; TILLMAN, 2004). Assim, a significância relativa dos resultados das categorias de impactos pode ser avaliada em relação à referência adotada, e os valores normalizados podem ser agregados em um índice final de impacto.

Nem todos os métodos de avaliação de impacto existentes apresentam normalização, tendo em vista que é opcional. Exemplos de métodos que apresentam são o Traci, CML e Edip.

Agrupamento

O agrupamento busca ordenar ou classificar as categorias de impacto em grupos para que os resultados de uma avaliação possam ser mais facilmente interpretados por tomadores de decisão. Exemplos de agrupamentos são: impactos relativos a recursos e emissões; impactos relativos a emissões que afetam o solo, água, ar e biodiversidade; e impactos de interesse médio, alto e baixo. Este último exemplo é baseado em valores sociais de uma organização (ISO, 2006c).

Ponderação

Uma vez que os dados normalizados são adimensionais, a diferenciação de cada categoria de impacto é dependente da relevância do impacto ambiental, que corresponde à atribuição de pesos (ponderação). Em seguida, os resultados ponderados podem ser adicionados no índice final de impacto ambiental.

As estratégias utilizadas para definição de pesos são baseadas nas ciências sociais. As seguintes estratégias podem ser apontadas (BALLMAN; TILLMAN, 2004): monetarização, onde os pesos são atribuídos de acordo com os custos envolvidos com tratamento de resíduos ou preços atribuídos aos recursos para evitar sua depleção ou extinção; padrões de emissões ou consumo, onde a diferença entre o nível de poluição atual e o estabelecido como meta governamental é utilizada na derivação de pesos; painéis científicos, onde cientistas e líderes políticos são convidados a ranquearem as categorias de



impacto de acordo com sua percepção de importância para a realidade regional.

Seja qual for a estratégia de ponderação escolhida, um aspecto importante ao se fazer a ponderação é a necessidade de contar com um revisor externo do estudo. No caso de haver comparações a serem divulgadas ao público, a ponderação não deve ser realizada (ISO, 2006c).

Análise da qualidade dos dados

Os resultados de uma avaliação de impactos devem ser analisados buscando apontar a contribuição, incerteza e sensibilidade dos resultados (ISO, 2006c). A análise de qualidade permite melhor interpretar os resultados de uma avaliação.

As principais técnicas utilizadas nessa análise são (BAUMANN; TILLMAN, 2004):

- Dominância: identifica fatores que dominam os resultados de uma AICV, analisando as substâncias que mais contribuem para cada categoria de impacto e/ou os processos do sistema de produto que mais contribuem com emissões para as categorias de impacto. Essas substâncias e processos podem então ser estudados em maior detalhe para identificar fontes de variação nos resultados.

- Incerteza: analisa o efeito da variação estatística dos dados de inventário na variação do resultado final da categoria de impacto. Essa análise requer o conhecimento do intervalo de variação e do tipo de distribuição estatística dos dados inventariados. O Método Monte Carlo é usualmente empregado nessa análise (FRISCHKNECHT; JUNGBLUTH, 2007).

- Sensibilidade: observa o efeito de alterações sistemáticas nos dados de inventário de ciclo de vida (ICV) nos resultados das categorias de impacto. Os dados que acarretam grande variação no resultado final com pequena alteração em seu valor inicial são os mais críticos. A necessidade de maior precisão no levantamento desses valores é mais importante. Essa análise também pode ser feita para variações nas condições de um processo (ex.: temperatura e pressão), ao invés de variações em substâncias.

Disponibilidade de softwares para estudos de ACV

Softwares comerciais e de livre acesso estão disponíveis facilitando a AICV. Podem-se citar os softwares OpenLCA, SimaPro, Umberto, GaBi, PEMS, Emis e Regis (FRISCHKNECHT, 2005). Os softwares comerciais disponibilizam: bases de dados de inventário (ex.: ecoinvent) que auxiliam na realização de estudos AICV;



os principais modelos de avaliação de impacto (ex.: ReCiPe, CML, Impact 2002); e a ferramenta Monte Carlo para análise de incerteza.

Interpretação dos dados

Essa etapa ocorre em paralelo com as anteriores sempre que os dados de inventário e a avaliação de impacto são analisados, observando se os objetivos pretendidos com o estudo foram alcançados. A interpretação dos dados e resultados permite ponderar sobre as limitações do estudo e propor a realização de novos estudos visando ampliar o conhecimento do produto e seus sistemas de produção.

Considerações finais

O estudo da pegada ambiental de produtos agroindustriais é uma ferramenta importante para empresas desenvolvedoras e comercializadoras de produtos. A realização desse estudo na etapa de desenvolvimento de produtos permite a realização de alterações em processos logo no início da pesquisa, quando os custos da realização de mudanças ainda são reduzidos.

Já no levantamento dos dados primários de inventário, é possível identificar os processos unitários responsáveis pelas maiores quantidades de insumos e emissões, assim como identificar ineficiências que podem ser facilmente corrigidas. A etapa de avaliação de impacto, considerando todo o ciclo de vida do produto, permite identificar pontos críticos em toda cadeia de produção e consumo, assim como investigar cenários alternativos de produção. Esse escopo amplo da avaliação ambiental reduz os riscos de adoção de alternativas tecnológicas que apenas movem os impactos ambientais ao longo da cadeia de um produto, não contribuindo para efetiva redução dos impactos ao longo do ciclo de vida de um produto.

Além de permitirem a identificação de pontos críticos e análise de cenários tecnológicos, estudos de pegada ambiental de produtos são o primeiro passo para certificação de produtos tipo III. Essa certificação vem sendo cada vez mais demandada por cadeias de suprimento de alimentos e por consumidores que requerem formalização do compromisso ambiental de toda a cadeia produtiva relacionada a um produto.



Referências

BAUMANN, H., TILLMAN, A. M. **The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in the life cycle assessment methodology and application.** Lund: Studentlitteratur, 2004.

BRITISH STANDARDS. **PAS 2050:2011** – specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. United Kingdom: DEFRA, 2011. Disponível em: <<http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

DOLE FOOD COMPANY. **Corporate responsibility and sustainability: carbon footprint.** 2013. Disponível em: <<http://dolecrs.com/sustainability/carbon-footprint/>>. Acesso em: 16 out. 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **ExternE, Externalities of Energy. Luxembourg:** CEPN: Office for Official Publications of the European Commission, 1995. v. 5, Nuclear.

EUROPEAN UNION. Product environmental footprint guide. **Official Journal of the European Union**, 09 de abril de 2013a. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:124:0001:0210:EN:PDF>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

EUROPEAN UNION. **The product environmental footprint pilots.** 2013b. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef_pilots.htm#pef>. Acesso em: 18 dez. 2015.

FIGUEIREDO, M. C. B. de; BORGES, M. de F.; MATTOS, A. L. A.; MOTA, F. S. B. **Avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais: conceitos e métodos.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 44 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 126). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33966/1/DO10001.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

FRANKL, P.; RUBIK, F. **Life Cycle Assessment in Industry and Business: adoption patterns, applications and implications.** Berlin: Springer-Verlag, 2000. 280 p.

FRISCHKNECHT, R.; STEINER, R.; JUNGBLUTH, N. **The Ecological Scarcity Method Eco-Factors 2006.** Bern: Federal Office for the Environment FOENöbu, 2009.

FRISCHKNECHT, R. Ecoinvent Data v1.1: from heterogenous databases to unified and transparent LCI data. **International Journal of LCA**, v. 10, n. 1, p. 1-2, 2005.

FRISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N. **Ecoinvent: overview and methodology.** Dubendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007.

FRISCHKNECHT, R.; BRAUNSCHWEIG, A.; HOFSTETTER, P.; SUTER, P. Modelling human health effects of radioactive releases in Life Cycle Impact Assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, n. 2, p. 159-189, 2000.

GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; SCHRYVER, A., J.; ZELM, R. **ReCiPe 2008.**



Holanda: PRé Consultants: University of Leiden: Radboud University: National Institute for Public Health and the Environment, 2009.

GOEDKOOOP, M.; SPRIENSMA, R. **The Eco-indicator 99**: a damage oriented method for life cycle impact assessment. Methodology Report. Amersfoort: PRé Consultants B. V., 2000. 132 p.

GRECO, S. L.; WILSON, A. M.; SPENGLER J.D.; LEVY J. I. Spatial patterns of mobile source particulate matter emissions-to-exposure relationships across the United States. **Atmospheric Environment**, v. 41, p. 1011-1025, 2007.

GUINÉE, J. B.; BRUIJN, H.; DUIN, R. ; HUIJBREGTS. M. **Life cycle assessment**: an operational guide for the ISO standards. Leiden: University of Leiden, 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Genebra, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 01 out. 2013.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14020 – Environmental labels and declarations** – General principles. Genebra, 2000.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14021 – Environmental labels and declarations** – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling). Genebra, 1999a.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14024 – Environmental labels and declarations** – Type I environmental labelling – Principles and procedures. Genebra, 1999b.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14025 – Environmental labels and declarations** – Type III environmental declarations – Principles and procedures. Genebra, 2006a.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040 – Environmental management** – Life cycle assessment – Principles and framework. Genebra, 2006b.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14044 – Environmental management** – Life cycle assessment – Requirement and guidelines. Genebra, 2006c.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14046 – Environmental management** – Water footprint – Principles, requirements and guidelines. Genebra, 2014.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14067 – Carbon footprint of products** – Requirements and guidelines for quantification and communication. Genebra, 2012.

JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBITZER, G.; ROSENBAUM, R. Impact 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. **International Journal of Life Cycle Assess**, v. 8, n. 6, p. 324-330, 2003.



JOINT RESEARCH CENTRE; INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. **International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook** - Framework and Requirements for Life Cycle Impact Assessment Models and Indicators. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

JOINT RESEARCH CENTRE; INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. **International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook** – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.

JOINT RESEARCH CENTRE; INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. **ELCD**: European reference Life Cycle Database, 2012. Disponível em: <<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/>>. Acesso em: 29 set. 2014.

KOUNINA, A.; MARGNI, M.; BAYART, J. B.; BOULAY, A. M.; BERGER, M.; BULLE, C.; FRISCHKNECHT, R.; KOEHLER, A.; MILÀ I CANALS, L.; MOTOSHITA, M.; NÚÑEZ, M.; PETERS, G.; PFISTER, S.; RIDOUTT, B.; ZELM, R.; VERONES, F.; HUMBERT, S. Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. **International Journal of Life Cycle Assess**, v. 18, p. 707-721, 2013.

MILÀ I CANALS, L.; ROMANYÀ J.; COWELL S. J. Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of fertile land in Life Cycle Assessment (LCA). **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 1426-1440, 2007.

MOOMAW, W.; T. GRIFFIN, K.; KURCZAK, J.; LOMAX. **“The Critical Role of Global Food Consumption Patterns in Achieving Sustainable Food Systems and Food for All, A UNEP Discussion Paper”**. Paris: United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics, 2012.

NEMECEK, T.; SCHNETZER, J. **Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems**. Zurich, 2011.

PENNINGTON, D. W.; POTTING, J.; FINNVEDEN, G.; LINDEIJER, E.; JOLLIET, O.; RYDBERG, T.; REBITZER, G. Life Cycle Assessment Part 2: Current impact assessment practice. **Environmental International**, v. 30, p. 721-739, 2004.

POSCH, M.; SEPPÄLÄ, J.; HETTELINGH, J. P.; JOHANSSON, M.; MARGNI M.; JOLLIET, O. The role of atmospheric dispersion models and ecosystem sensitivity in the determination of characterisation factors for acidifying and eutrophying emissions in LCIA. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, p. 477-486, 2008.

PRÉ CONSULTANT. **Agri-foot print Comprehensive Agriculture-Oriented LCI Database**. 2015. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/agri-footprint-database-comprehensive-agriculture-oriented-lci-database>>. Acesso em: 07 mar. 2015.

RABL, A.; SPADARO, J. V. **The RiskPoll software**. version 1.051. 2004. Disponível em: www.airirabl.com. Acesso em: 12 dez. 2010.



REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W. P.; SUH, S.; WEIDEMA, B. P.; PENNINGTON, D. W. Life Cycle Assessment Part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. **Environment International**, v. 30, p. 701-720, 2004.

ROSENBAUM, R. K., BACHMANN, T.M., GOLD, L. S., HUIJBREGTS, M. A. J., JOLLIET, O., JURASKE, R., KÖHLER, A., LARSEN, H.F., MACLEOD, M., MARGNI, M., MCKONE, T. E., PAYET, J., SCHUHMACHER, M., VAN DE MEENT, D., HAUSCHILD, M. Z. USEtox – The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterization factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 7, p. 532-546, 2008.

SANTOS, T. de L.; BARROS, V. da S.; FIGUEIREDO, M. C. B. de; NUNES, A. B. de A.; GONDIM, R. S.; ARAGAO, F. A. S. de; SOUSA, J. A. de. **Pegada de carbono de produtos agrícolas: estudo de caso do melão Cantaloupe**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 167). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103035/1/DOC13011.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2013.

SEPPÄLÄ, J.; POSCH, M.; JOHANSSON, M.; HETTELINGH, J. P. Country-dependent characterization factors for acidification and terrestrial eutrophication based on accumulated exceedance as an impact category indicator. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 6, p. 403-416, 2006.

SIKIRICA, N. **Water Footprint Assessment: bananas and pineapples**. Driebergen: Soil & More International, 2011.

TESCO INC. **Measuring our carbon footprint**. 2013. Disponível em: <<http://www.tesco.ie/corporate-responsibility/environment/>>. Acesso em: 16 out. 2013.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Evaluation of environmental impacts in life cycle assessments**. Bruxelas, 2003.

VAN ZELM, R.; HUIJBREGTS, M. A. J.; DEN HOLLANDER, H. A.; VAN JAARSVELD, H. A.; SAUTER, F. J.; STRUIJS, J.; VAN WIJNEN, H. J.; VAN DE MEENT, D. European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. **Atmospheric Environment**, v. 42, p. 441-453, 2008.

WEIDEMA, B. P.; BAUER, C.; HISCHIER, R.; MUTEL, C.; NEMECEK, T.; REINHARD, J.; VADENBO, C. O.; WERNET, G. **Overview and methodology: data quality guideline for the ecoinvent database version 3**. St. Gallen: The Ecoinvent Centre, 2013. (Ecoinvent Report 1 (v3)).

WHO; UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. **Scientific assessment of ozone depletion**. Suíça: WHO/UNEP, 2012.



ANEXO A

Categorias de impactos ambientais em AICV.

Categoria	Descrição	Unidade de medida	
		Impacto intermediário	Dano
Mudança climática	<p>Refere-se ao aumento da concentração de emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, causando o aumento da temperatura e outros efeitos secundários que afetam a sociedade e os ecossistemas.</p> <p>Os métodos de AICV consideram o potencial de aquecimento global dos GEE e as possíveis consequências do aumento da temperatura sobre a saúde humana e biodiversidade.</p> <p>Principais substâncias: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆</p>	kg CO ₂ -eq	Dias de vida perdidos ou desabilitados (DALY)
Depleção da camada de ozônio	<p>Refere-se à redução do ozônio na estratosfera que controla a incidência de raios ultravioletas nocivos aos seres vivos.</p> <p>Os métodos de AICV avaliam o potencial de redução do ozônio estratosférico por substâncias persistentes contendo átomos de cloro e bromo, assim como o efeito do aumento da radiação ultravioleta na saúde humana.</p> <p>Principais substâncias: CFCs, HCFCs, HBFCs, halons, CCl₄, CH₃CCl₃ e CH₃Br.</p>	kg CFC-11-eq	DALY
Toxicidade	<p>Refere-se ao potencial tóxico de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas aos seres vivos.</p> <p>Os métodos de AICV analisam o potencial tóxico de substâncias químicas a partir da incidência (número de casos) de doenças cancerígenas e não cancerígenas observadas em estudos laboratoriais, quando essas substâncias são inaladas ou ingeridas em determinadas doses. Os métodos utilizam modelos para transporte e acumulação de substâncias tóxicas em diferentes meios, para análise da exposição das pessoas e dos efeitos de diferentes doses nos seres vivos.</p> <p>Principais substâncias: mais de 3.000 substâncias, como solventes orgânicos, metais pesados e pesticidas (ROSEMBAUM et al., 2008).</p>	<p>- Unidade tóxica comparativa (efeitos cancerígenos e não cancerígenos)</p> <p>- kg PM2.5-eq (material particulado)</p> <p>- kg U²³⁵-eq (radiação ionizante)</p>	DALY (saúde humana) e fração de espécies desaparecidas (PDF) (ecossistemas)

Continua...



Anexo A. Continuação.

Categoria	Descrição	Unidade de medida	
		Impacto intermediário	Dano
Formação de ozônio foto-oxidante	<p>Formação foto-oxidante se refere ao aumento da concentração de substâncias foto-oxidantes (ex: ozônio, PAN, peróxido de hidrogênio, aldeídos) na troposfera. Essas substâncias formam uma neblina (smog) tóxica que causa problemas respiratórios e danifica a vegetação.</p> <p>Os métodos de AICV analisam o potencial de substâncias de formar ozônio foto-oxidante, quando expostas à luz solar.</p> <p>Principais substâncias: NO_x, COV_s (compostos orgânicos voláteis) e HC (hidrocarbonetos).</p>	kg C ₂ H ₄ -eq	DALY
Acidificação	<p>Refere-se à deposição de íons H⁺ no ambiente, acarretando a mortalidade de peixes e a lixiviação de metais danificando ecossistemas e construções.</p> <p>Os métodos de AICV avaliam o potencial das substâncias de liberação de íons H⁺.</p> <p>Principais substâncias: SO_x, NO_x, HCl e NH₃.</p>	mol H ⁺ -eq	PDF
Eutrofização	<p>Refere-se ao aumento de nutrientes no ambiente, levando a mudanças na composição de espécies e aumento da produtividade biológica (ex: aumento na quantidade de algas). Pode influenciar ecossistemas aquáticos e terrestres.</p> <p>Os métodos de AICV analisam o potencial de substâncias aumentarem a produtividade primária, considerando o nutriente menos disponível no meio: nitrogênio em estuários e ambientes terrestres; e fósforo em água doce.</p> <p>Principais substâncias: compostos de nitrogênio (NO₂, NO₃, NH₄, NH₃), e fósforo (PO₄, H₃PO₄, P₂O₅).</p>	<p>mol N-eq (eutrofização terrestre)</p> <p>kg N-eq (eutrofização marinha)</p> <p>kg P-eq (eutrofização de água doce)</p>	PDF
Uso da terra	<p>Refere-se à transformação e ocupação do solo com efeitos sobre o solo e a biodiversidade</p> <p>Os métodos de AICV analisam a alteração na qualidade do solo, utilizando indicadores como quantidade de matéria orgânica do solo, pH, assim como extinção de espécies e redução na produção primária (<i>Net Primary Production</i> – NPP).</p> <p>Principais recursos: área ocupada ou transformada, tempo de ocupação e transformação.</p>	<p>Área ocupada ou transformada (m²)</p> <p>kg de matéria orgânica</p>	PDF

Continua...



Anexo A. Continuação.

Categoria	Descrição	Unidade de medida	
		Impacto intermediário	Dano
Depleção de recursos hídricos / escassez hídrica	Refere-se à redução na disponibilidade de água em uma região devido ao uso consuntivo (retirada de um volume de água que não retorna à fonte hídrica após o uso, devido à evaporação, incorporação em produtos ou lançamento em outros corpos hídricos).	l-equivalente de H ₂ O consuntiva (escassez hídrica)	DALY (Saúde Humana)
	Os métodos de AICV avaliam a escassez física de água, usualmente observando a relação entre demanda e disponibilidade hídrica em uma região, assim como a escassez de água com qualidade adequada aos diferentes usos (KOUNINA et al., 2013), utilizando indicadores específicos de qualidade da água ou os disponíveis para eutrofização e toxicidade humana e aquática. Efeitos da escassez hídrica na saúde humana, pela desnutrição ou doenças provocadas pela má qualidade da água, e nos ecossistemas, pelo desaparecimento de espécies, também são avaliados.	kg P-eq ou N-eq (eutrofização)	PDF (ecossistemas)
	Principais recursos: volume de água consuntiva (escassez física), emissão de nutrientes (eutrofização) e de substâncias tóxicas (Toxicidade humana e ecotoxicidade).	kg Substância tóxica de referência (Toxicidade)	
Depleção de recursos minerais e fósseis	Refere-se à depleção das reservas existentes pela extração e uso dos recursos minerais e fósseis. Avalia o impacto da extração do recurso sobre a disponibilidade atual, por meio da relação demanda e disponibilidade, em relação a uma substância equivalente. Seguindo na relação de causa e efeito, avalia também a depleção do recurso para gerações futuras, pelos maiores custos de extração de novas reservas ou uso de recursos alternativos em substituição aos atuais.	kg Sb equivalente	Custo (\$) de extração de novas reservas

Fontes: Joint Research Centre (2012), Kounina et al. (2013).

Capítulo • 2

Pegada de carbono de produtos agrícolas: estudo de caso do melão Amarelo

Viviane da Silva Barros

Tayane de Lima Santos

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Ebenézer de Oliveira Silva

João Alencar de Sousa

Fernando Antonio de Souza Aragão

Introdução

O termo “pegada de carbono” para produtos se refere à massa de gases de efeito estufa (GEE) emitida devido à produção, uso e descarte de um produto, ou seja, a emissão de GEE durante o ciclo de vida do produto (PANDEY et al., 2011). Os principais GEE emitidos para atmosfera devido à atividade humana são o gás carbônico (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4) (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006).

Estudos da pegada de carbono de produtos são estudos de impacto ambiental com foco na categoria de impacto mudanças climáticas. Como resultado do estudo da pegada de carbono, pode-se identificar as atividades com maior potencial de emissão de GEE e definir práticas de manejo que mitiguem essas emissões. Quando o estudo leva à certificação do produto, contribui para ampliar o mercado para comercialização do produto em locais onde os consumidores valorizam essa iniciativa, como o mercado europeu.

Empresas internacionais de suprimento como Tesco (TESCO PLC., 2013), Casino (CASINO GROUP, 2013) e Dole (DOLE FOOD COMPANY, 2011) realizam estudos de pegada de carbono dos alimentos que comercializam. Esses estudos resultam na certificação da pegada de carbono dos produtos, já que é realizada por terceiros. A certificação de pegada de carbono é expressa em selo de qualidade presente na embalagem do produto.

Neste capítulo, são apresentadas as principais atividades possivelmente geradoras de emissões de GEE na produção de melão, os procedimentos para



cálculo das emissões de GEE e da pegada de carbono e os principais protocolos para certificação da pegada. Por fim, dois estudos de caso apresentam a pegada de carbono do melão Amarelo produzido em sistemas de cultivo tradicional e conservacionista no Nordeste brasileiro.

Possíveis fontes de emissões de GEE no cultivo do melão

A seguir, estão listadas as potenciais fontes de emissão de GEE desde o estabelecimento até a colheita e comercialização do melão produzido em sistema de produção de melão no Nordeste brasileiro. As principais emissões diretas e indiretas decorrentes dos processos envolvidos na produção de melão estão sumarizadas na Tabela 1.

Limpeza inicial do terreno (desmatamento e queima da vegetação nativa)

O desmatamento de áreas com cobertura vegetal nativa para implantação de áreas agrícolas era responsável, até o ano de 2010, pela maior parte das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa no Brasil (BRASIL, 2014). O principal gás emitido devido ao desmatamento e queima da vegetação nativa é o dióxido de carbono (CO_2).

A mudança no uso da terra causa danos às propriedades do solo, devido a: aumento da erosão, pela ação da chuva e do vento sobre o solo nu; compactação, pelo uso intenso de maquinários agrícolas; e modificação da estrutura do solo, pela alteração da sua capacidade de retenção de água e nutrientes.

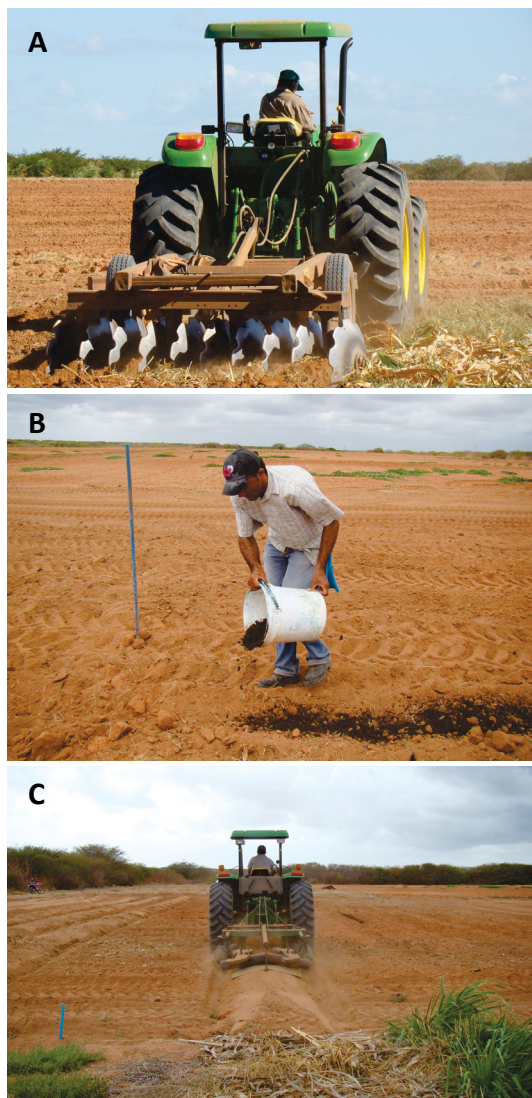
As emissões de GEE decorrentes da abertura de novas áreas podem ser reduzidas pela escolha de áreas já utilizadas para a agricultura ou recuperação de áreas degradadas para instalação de novas áreas produtoras de melão. A recuperação de áreas degradadas aliada ao manejo sustentável das áreas de produção torna possível a maximização do uso de áreas para fins agrícolas, evitando o desmatamento para o estabelecimento de novas áreas de produção.

Preparo do solo

As operações de preparação do solo com o uso de arado e grades são frequentemente realizadas nas áreas produtoras de melão do Nordeste (Figura 1A). Dependendo do resultado da análise de solo, faz-se necessário realizar a adubação de fundação, a aplicação de composto orgânico e calcário



para correção de possível acidez (Figura 1B). Para facilitar a drenagem, são levantados camalhões (canteiros), com largura entre 1,5 m e 2,0 m, onde é instalado o sistema de irrigação, colocado manta plástica (*mulching*) e realizado o plantio das mudas (Figura 1C).



Fotos: João Alencar de Sousa

Figura 1. Preparo do solo: (A) aração e gradagem do solo; (B) aplicação de adubo orgânico e (C) levantamento dos camalhões. Área experimental do projeto Repensa-Melão (Tibau, RN).

Tabela 1. Principais fontes de emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O) em cada etapa do processo produtivo de melão no Nordeste.

Etapa de produção	Emissões dos principais GEE (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O) na produção de melão	
	Emissões diretas	Emissões indiretas
Desmatamento	<ul style="list-style-type: none">- Perda da biomassa vegetal e redução do estoque de carbono no solo (CO₂, N₂O)- Queima da biomassa (CH₄, CO₂ e N₂O)- Queima de combustível fóssil por veículos para retirada da vegetação (CO₂, N₂O e CH₄)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de diesel utilizado nos veículos (CO₂)
Preparo do solo	<ul style="list-style-type: none">- Queima de combustível fóssil por veículos para preparo do solo (CO₂, N₂O e CH₄)- Adubação de fundação (N₂O)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de plásticos p/irrigação, manta e <i>mulching</i> (CO₂ e CH₄)- Produção de fertilizantes (N₂O, CO₂, CH₄)- Produção de diesel utilizado nos veículos (CO₂)- Transporte de insumos para a fazenda (CO₂, CH₄, N₂O)
Cultivares, produção de mudas e plantio	<ul style="list-style-type: none">- Adubação (N₂O)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de fertilizantes (N₂O, CO₂, CH₄)- Produção de plásticos para bandejas de mudas e cobertura das estufas (CO₂ e CH₄)- Produção de energia elétrica para bombeamento da água de irrigação (CO₂, CH₄)- Transporte de insumos para a fazenda (CO₂, CH₄, N₂O)
Nutrição de planta	<ul style="list-style-type: none">- Fertirrigação (N₂O)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de fertilizantes (N₂O, CO₂, CH₄)- Produção de energia elétrica para bombeamento da água de irrigação (CO₂, CH₄)- Transporte de insumos para a fazenda (CO₂, CH₄, N₂O)
Manejo da cultura – plantas daninhas	<ul style="list-style-type: none">- Queima de combustível fóssil por veículos – aplicação de agrotóxicos (CO₂, N₂O e CH₄)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de herbicidas (CO₂)- Produção de diesel utilizado nos veículos (CO₂)- Transporte de insumos para a fazenda (CO₂, CH₄, N₂O)
Manejo da cultura – controle de plantas daninhas, pragas e doenças	<ul style="list-style-type: none">- Queima de combustível fóssil por veículos – aplicação de agrotóxicos (CO₂, N₂O e CH₄)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de inseticidas e fungicidas (N₂O, CO₂, CH₄)- Produção de diesel utilizado nos veículos (CO₂)- Transporte de insumos para a fazenda (CO₂, CH₄, N₂O)
Pós-colheita	<ul style="list-style-type: none">- Queima de combustível fóssil por veículos – transporte de frutos para <i>packing house</i> (CO₂, N₂O e CH₄)	<ul style="list-style-type: none">- Produção de energia elétrica utilizada por maquinário pós-colheita (CO₂, CH₄)- Produção de diesel utilizado nos veículos (CO₂)- Produção de papel para embalagem do melão (CO₂, CH₄, N₂O)- Transporte de insumos para a fazenda (CO₂, CH₄, N₂O)

Fonte: Barros (2012).



As atividades de preparo do solo movimentam as camadas superiores de solo, facilitando a liberação de N_2O e CO_2 pela decomposição de compostos orgânicos; de N_2O , pelo uso de fertilizantes, e de CO_2 , pela aplicação de calcário e ureia. Outras emissões nesta etapa são decorrentes da queima de combustíveis fósseis que libera CO_2 , CH_4 e N_2O . Emissões indiretas de GEE ocorrem na produção dos insumos agrícolas utilizados nessa etapa da produção: composto, ureia, calcário e combustível.

Em compensação, o uso de adubos verdes na entressafra de melão proporciona melhoria na qualidade do solo. A cobertura vegetal promove o sombreamento do solo, reduz a evaporação e a erosão, bem como influencia na fertilidade do solo, proporcionando o aumento da matéria orgânica, carbono no solo e reduzindo a necessidade de aplicação de composto orgânico (HERNANI; PADOVAN, 2014).

Produção de sementes

A produção de sementes é composta de diferentes processos desde a produção de mudas e frutos, colheita, extração das sementes, fermentação das sementes, lavagem, secagem em estufa e armazenamento. Dependendo do ambiente, a produção pode ser realizada em estufas com ou sem aquecimento. Geralmente, a produção em países tropicais dispensa o uso de aquecimento, o que diminui custos e impactos. Porém, as sementes adquiridas pelos produtores de melão são, na maioria das vezes, importadas de outros países (FIGUEIRÊDO et al., 2013).

As emissões diretas nesta fase são em maior parte de N_2O devido ao uso de fertilizantes. Emissões indiretas de GEE ocorrem na produção e transporte dos insumos utilizados nessa etapa da produção: sementes, fertilizantes e energia elétrica para irrigação e controle de temperatura.

Produção de mudas e plantio

O plantio do melão se dá de duas formas: semeadura direta (como ocorre no sistema convencional de produção no Submédio São Francisco) e por transplantio de mudas (como ocorre na região do Baixo Jaguaribe e Açu).

O processo de produção de mudas envolve as seguintes etapas: semeadura, germinação em temperatura controlada e desenvolvimento em casa de vegetação. Para atender à demanda por mudas, uma empresa especializada pode realizar essa produção em uma unidade com área de 1.200 m^2 , produzindo cerca de 110 milhões de mudas por ano (FIGUEIRÊDO et al., 2013).



Nessa etapa de produção de mudas e plantio, ocorrem emissões diretas de N_2O devido à aplicação de adubo nitrogenado no plantio. Emissões indiretas de GEE ocorrem devido à produção (energia elétrica para irrigação e refrigeração) e ao transporte dos insumos (composto orgânico e tubetes) utilizados na produção e no plantio das mudas.

Nutrição da planta: irrigação e fertirrigação

No campo, além da adubação inicial com uso de composto orgânico, feito a partir de esterco bovino, usualmente a planta recebe, durante todo o seu ciclo de produção, nutrientes diluídos na água de irrigação, procedimento denominado fertirrigação. Ocorrem aplicações de fertilizantes sintéticos via água de irrigação contendo formulações de NPK, sulfato de potássio, ácido fosfórico, nitrato de cálcio e nitrato de potássio, dentre outros produtos. É importante salientar que, sendo o melão uma cultura de ciclo curto, que se estende em média por 65-70 dias do plantio à colheita, o programa de fertirrigação deve ser equilibrado e bem conduzido, oferecendo à planta os nutrientes necessários em cada etapa do cultivo.

O uso de fertilizantes, principalmente nitrogenados, emite GEE nas áreas produtoras de melão. Processos químicos que ocorrem no solo, como desnitrificação e nitrificação, produzem N_2O , que, embora não seja gerado em grandes quantidades, têm grande potencial de aquecimento global e significativo valor na pegada de carbono do produto, com uma magnitude cerca de 298 vezes maior do que de uma molécula de CO_2 , em 100 anos (Tabela 2). Além das emissões diretas pelo uso dos fertilizantes, também são gerados N_2O , CO_2 e CH_4 nos processos de fabricação e transporte dos fertilizantes e tubos de irrigação utilizados, e na produção e distribuição de energia necessária ao sistema de irrigação.

Tabela 2. Potencial de aquecimento global de GEE em diferentes períodos.

GEE	20 anos	100 anos	500 anos
CO_2	1	1	1
CH_4	72	25	7,6
N_2O	289	298	153



Em contrapartida, a adubação verde pode reduzir as emissões originadas na utilização de fertilizantes sintéticos. Essa prática consiste em produção e corte de plantas imaturas, na fase de floração, que podem ou não ser incorporadas ao solo cuja fertilidade e produtividade se deseja preservar ou restaurar (WUTKE et al., 2014).

As leguminosas são culturas preferencialmente utilizadas como adubos verdes, pois são fontes de macro e micronutrientes que podem ser absorvidos pela cultura sucessora. Ainda, essas plantas realizam a fixação biológica do nitrogênio (FBN), onde, por meio de processos biológicos, o nitrogênio atmosférico (N_2) é convertido em nitrogênio reativo, assimilável pelas plantas. Assim, o uso de fertilizantes sintéticos é reduzido (WUTKE et al., 2014).

O acúmulo de carbono no solo está diretamente relacionado à quantidade de biomassa e resíduos orgânicos utilizados no sistema de produção. Assim, solos onde se realiza a deposição de material vegetal tendem a ter mais matéria orgânica e carbono estocado (BODDEY et al., 2012). O carbono é estocado na planta por meio da fotossíntese. Assim, o CO_2 atmosférico que é transferido para as leguminosas pode ser estocado no solo em áreas que recebem resíduos vegetais da adubação verde.

Manejo cultural, controle de plantas invasoras, pragas e doenças

Plantas invasoras se referem à vegetação que nasce em uma área de produção agrícola, interferindo no desenvolvimento da cultura principal e afetando sua produção. As plantas invasoras são dotadas de rusticidade e intenso vigor vegetativo e reprodutivo, concorrendo diretamente com a cultura principal na extração de elementos vitais como água, luz, CO_2 e nutrientes (BRAGA et al., 2008).

Na produção de melão, o controle de plantas invasoras é feito usualmente utilizando uma cobertura sobre o solo, principalmente a manta plástica de polietileno, denominada *mulching*. Esse tipo de cobertura também é responsável por proteger o solo de possível erosão causada por incidência de chuva, além de manter a disponibilidade de água e diminuir a variação de temperatura no solo.

O controle químico de plantas daninhas pode também ser realizado com o uso de herbicidas pré-emergentes (aplicados antes do plantio da cultura) e pós-emergentes que são utilizados durante o ciclo produtivo para



evitar infestação da planta invasora. O controle de pragas e doenças é realizado com a aplicação de pesticidas. A emissão direta de GEE, principalmente CO₂, ocorre devido à utilização de trator que queima combustível fóssil para aplicação desses produtos no campo. Emissões indiretas de GEE ocorrem quando plásticos e pesticidas são produzidos e transportados às unidades produtoras de melão.

Aspectos pós-colheita

As principais atividades realizadas após a colheita do melão até o recebimento do produto pelo consumidor final são: transporte do fruto para a casa de embalagem; lavagem do fruto e aplicação de fungicida; secagem a vapor do fruto; embalagem em caixas apropriadas; empilhamento das caixas sobre *pallet* (paletização); resfriamento rápido para redução do metabolismo do melão e prolongamento da vida pós-colheita; e transporte do fruto para o mercado interno ou externo.

Nessa etapa da cadeia produtiva, existem emissões diretas de GEE, devido à queima de combustível fóssil por caminhões e tratores, e indiretas, devido à produção de combustível e gasto de energia elétrica e outros insumos (detergente, fungicida, papelão e *pallets* de madeira) utilizados no processo de preparo para transporte e comercialização do produto.

Cálculo das emissões de GEE relacionados a um produto agrícola

O cálculo das emissões de GEE é usualmente realizado de acordo com a metodologia proposta pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006). A Equação 1A generaliza como o cálculo da massa de GEE é feito em estudo de pegada de carbono de um produto agrícola.

$$GEE_{g,a} = Entradas_a * FC_{g,a} \quad \text{Eq. 1A}$$

Em que:

– GEE_{g,a} é a massa (em kg) de um GEE *g* liberada em uma atividade *a* (mudança de uso do solo, aplicação de fertilizantes nitrogenados, ou queima de combustíveis fósseis), no tempo de 1 ano.



– Entradas_a são as massas (kg) dos recursos utilizados durante uma atividade a, no período de 1 ano.

– $FC_{g,a}$ é o fator de emissão, selecionado segundo as características do insumo e região em que a atividade de produção ocorre. O IPCC (2006) oferece fatores de caracterização que podem ser utilizados na estimativa de emissões provenientes de atividades agrícolas.

A equação 1B, por sua vez, permite o cálculo da massa total (kg) do gás *g* liberado em todos os processos de produção da cadeia de produção relacionada a um produto. Essa massa total é calculada considerando tanto as emissões dos processos de produção de insumos, utilizados na produção agrícola, como as emissões do plantio a colheita no campo. Além disso, a massa total do GEE *g* é relativa a quantidade de produto final comercializado. Assim, nos estudos de pegada de carbono de produtos agrícolas, é fundamental definir a quantidade anual produzida (massa) do produto agrícola e as quantidades de insumos necessários à obtenção dessa quantidade de produto, uma vez que o estudo considera tanto as emissões de GEE da produção de insumos como as emissões provenientes da área agrícola (estudo do tipo berço ao portão em avaliação de ciclo de vida, como detalhado no capítulo sobre pegada ambiental de produtos).

$$\text{Massa_Total}_{\text{GEE}_g} = \left(\sum_{p=1}^n \text{GEE}_g \right) / \text{massa_produto (kg)} \quad \text{Eq. 1B}$$

Em que:

– $\text{Massa_Total}_{\text{GEE}_g}$ é a massa (kg de emissão/kg de produto) total de um determinado GEE *g* por kg de produto agrícola gerado em um ano em um hectare agrícola.

– *massa_produto* é a produção (kg) comercializada anualmente em um hectare agrícola.

Usualmente, dentro do processo de produção agrícola, as atividades consideradas para estimativa dos gases são: i) transformação do uso da terra, quando ocorreu há menos de 20 anos; ii) queima de combustíveis fósseis pelo maquinário; iii) uso de fertilizantes nitrogenados, e iv) incorporação de restos culturais ao solo.



Cálculo da pegada de carbono de um produto agrícola

A pegada de carbono de um produto é calculada multiplicando-se a somatória do produto de cada gás g (CO_2 , CH_4 e N_2O , emitidos em todos os processos produtivos considerados no ciclo de vida do produto) pelo potencial de aquecimento global do gás g , considerando o período de 100 anos (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). A Equação 2 indica a fórmula utilizada para o cálculo da pegada de carbono de um produto.

$$\text{PC}_p = \sum_{g=1}^n \text{Processo} - \text{GEE}_{g,p} * \text{PAG}_g \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

- PC_p é a pegada de carbono do produto ($\text{kg CO}_2\text{-eq/kg}$ de produto/ano).
- $\text{Processo} - \text{GEE}_{g,p}$ é a massa total do gás g (kg) emitida em todos os processos p por kg de produto final gerado.
- PAG_g é o potencial de aquecimento global do gás g , em um período de 100 anos.

O potencial de aquecimento global dos principais gases de efeito estufa para os períodos de 20, 100 e 500 anos é apresentado na Tabela 2.

Protocolos para determinação da pegada de carbono de produtos

Podem-se apontar três principais protocolos que orientam estudos quanto à quantificação e comunicação aos consumidores da pegada de carbono de produtos: o PAS 2050 (BSI, 2011), a Norma para Contabilização e Comunicação da Pegada de Carbono de Produtos (WRI; WBCSD, 2011) e a ISO 14067 (ISO, 2012). Uma análise comparativa dos critérios utilizados nesses protocolos permite a identificação de semelhanças e diferenças entre eles (Tabela 3).



Tabela 3. Comparação entre as principais metodologias de certificação da pegada de carbono de um produto.

Critério	Aspectos	WRI/SWBCSD	PAS 2050	ISO 14067
Metas	<ul style="list-style-type: none"> - Fornece uma metodologia consistente para quantificação da pegada de carbono em produtos, envolvendo identificação, conhecimento e gerenciamento das emissões - Fornece requisitos para comunicação pública dos resultados 	✓	✓	✓
Avaliação de impacto	- Avalia, segundo o International Panel on Climate Change (2006), o potencial de aquecimento global dos GEE, por 100 anos	✓	✓	✓
Fronteiras do sistema permitidas	<ul style="list-style-type: none"> - Da empresa ao consumidor - Da empresa para empresa 	✓	✓	Permitido, desde que justificado e em sintonia com os objetivos do estudo
Unidade de análise	- Os resultados da avaliação são relativos a uma unidade funcional de referência. A unidade funcional é a quantificação da função de um produto	✓	✓	✓
Indicador	- Resultado expresso em kg CO ₂ -eq/ unidade funcional	✓	✓	✓
GEE	- Gases inventariados: emissões e remoções, na atmosfera, de dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O), hexafluoreto de enxofre (SF ₆), perfluorcarbonos (PFCs) e os hidrofluorcarbonos (HFCs)	Apresenta, separadamente, todas as emissões e remoções biogênicas e não biogênicas de CO ₂	Não considera emissões de CO ₂ por fontes biogênicas, quando equivalentes às remoções	✓

Continua...



Tabela 3. Continuação.

Critério	Aspectos	WRI/SWBCSD	PAS 2050	ISO 14067
Armazenagem de carbono no produto	- Consideração das remoções biogênicas e não biogênicas, e, após a disposição final do produto, o teor de carbono é mantido por um período maior que o período de avaliação	✓	✓	✓
	- Quantificação e consideração do carbono armazenado no solo devido a práticas agrícolas	Permitido com comprovação científica		Permitido desde que cálculo utilize métodos indicados pelo IPCC
Mudança no uso da terra	- Consideração da transformação direta de áreas florestais em agrícolas ocorrida após 1990, em qualquer fase do ciclo de vida do produto	✓	✓	✓
	- Consideração das emissões de GEE devido às transformações indiretas pelo uso da terra	Podem ser reportadas separadamente		Poderão ser reportadas quando houver consenso internacional sobre método
Dados	- Apresenta regras de qualidade para coleta de dados	✓	✓	✓
	- Indicação de coleta de dados primários para os processos pertinentes, operados ou controlados pela organização que desenvolve o estudo	✓	✓	✓
Alocações	- Indicação de alocação física quando mais de um produto ou coprodutos são gerados, caso não possa ser evitada pela expansão do sistema do produto	✓		✓
	- Indicação de alocação econômica quando mais de um produto ou coprodutos são gerados, caso não possa ser evitada pela expansão do sistema do produto		✓	Segunda opção
Incertezas	- Requer a inclusão de uma indicação qualitativa de incertezas dos resultados	✓	✓	✓



Observam-se as seguintes semelhanças entre os protocolos utilizados para determinação da pegada de carbono de um produto: i) utilizam métodos elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006), incluindo as emissões decorrentes de mudanças no uso da terra, para estimar emissões de GEE; ii) expressam o resultado da pegada em termos de massa de CO_2 -equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$), considerando o potencial de aquecimento global dos GEE em um período de 100 anos; iii) requerem a consideração das fontes de incerteza nos resultados; iv) requerem o uso da avaliação do ciclo de vida (ACV) para o cálculo da pegada; v) associam os resultados da pegada a uma unidade funcional de referência. A pegada de carbono de produtos agrícolas usualmente utiliza como unidade funcional um quilo ou tonelada de produto, considerando a produção em 1 ano, para culturas anuais, ou todos os anos de vida útil do pomar, no caso de culturas permanentes. Já as principais diferenças nesses protocolos se referem: i) ao escopo da avaliação, ou seja, processos que precisam ser contemplados no cômputo das emissões de GEE; ii) à consideração e comunicação das emissões de CO_2 provenientes de fontes biogênicas e remoções de carbono no solo; e iii) ao procedimento indicado para alocação dos dados quando um processo resulta em mais de um produto.

Recomenda-se que o cálculo das emissões de GEE oriundas de cada processo utilize os métodos propostos pelo International Panel on Climate Change (2006), que também são utilizados para realização de inventários nacionais dos GEE. Os métodos são propostos pelo IPCC para cada atividade (ex.: agricultura, indústria, energia e resíduos) e gás de efeito estufa (ex.: CO_2 , N_2O e CH_4). Para o cálculo de GEE em áreas de cultivo, os métodos do International Panel on Climate Change (2006) combinam informações relacionadas à quantidade de insumos utilizados (ex.: quantidade de fertilizante nitrogenado), características ambientais (ex.: tipo de solo, vegetação, clima e cultura) e fatores de emissão para cada gás em estudo. O International Panel on Climate Change (2006) fornece informações ambientais para classes globais de bioma, clima e solo, assim como fatores de emissão gerais para grupos de culturas temporárias e permanentes (metodologia mais simplificada de análise – Tier1) cultivados em todo o mundo. O inventário brasileiro de emissões de GEE apresenta informações ambientais mais detalhadas para biomas e solos brasileiros (BRASIL, 2014). Figueirêdo et al. (2013) sumariza, em material suplementar, equações para o cálculo de emissões e fatores utilizados para as atividades de produção de melão.



As incertezas relacionadas aos estudos de pegada de carbono de produtos agrícolas estão relacionadas à qualidade dos dados coletados e à estimativa das emissões. A coleta de dados deve prezar pela completude e possuir correlação tecnológica, temporal e geográfica com a região onde os processos em estudo ocorrem. Nesses levantamentos, deve-se primar pela consideração da variabilidade dos dados. A transparência quanto a essa variabilidade é importante para que os interessados no estudo possam entender suas limitações e abrangência.

Outra fonte que traz incerteza aos estudos de pegada de carbono são os fatores de emissão utilizados no cálculo das emissões de GEE (FIGUEIRÊDO et al., 2016). Como observado anteriormente, os fatores disponíveis nos inventários de GEE do International Panel on Climate Change (2006) e do governo brasileiro (BRASIL, 2010) são gerais e contemplam grandes biomas brasileiros, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisa para geração de fatores de emissões característicos de culturas específicas e microrregiões brasileiras. Pesquisas estão em andamento no Brasil com o objetivo de determinar fatores de emissão de N_2O para o uso de fertilizantes em culturas específicas localizadas em diferentes condições ambientais brasileiras, como a cana-de-açúcar produzida no Sudeste e o melão no Nordeste.

Estudo de caso 1: pegada de carbono do melão Amarelo produzido em sistema convencional no polo Baixo Jaguaribe-Açu

Este estudo, realizado por Figueiredo et al. (2013), refere-se ao sistema convencional de cultivo praticado em fazendas da região do Baixo Jaguaribe e Açu (CE e RN), principal área produtora e exportadora de melão do Brasil. O clima da região, de acordo com a classificação de Koeppen, é do tipo 'BSwh', quente e seco, com precipitação pluviométrica média anual de 674 mm; temperatura e umidade relativa do ar média de 27 °C e 68,9%, respectivamente, e o período chuvoso na região é de fevereiro a junho, com baixíssimas possibilidades de ocorrência de chuvas entre agosto e dezembro (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

A avaliação da pegada de carbono do melão Amarelo brasileiro considera incertezas e cenários de produção. O estudo é baseado na avaliação de ciclo de vida, segundo as normas ISO 14040 e 14044 (ISO, 2006a, 2006b), com o foco na avaliação da categoria de impacto sobre mudanças climáticas. O resultado



da avaliação é expresso em kg CO₂-eq por tonelada de melão exportado para o Porto de Rotterdam, na Holanda.

A análise considera os seguintes processos: i) montante da produção agrícola, relacionada à produção e transporte dos insumos utilizados no cultivo do meloeiro (fertilizantes, agrotóxicos, combustível, eletricidade e outros); ii) processos agrícolas, relacionados à produção de sementes, mudas e frutos; e iii) processos a jusante da produção agrícola, relacionados ao empacotamento dos melões, transporte viário ao porto e marítimo para a Europa, e disposição final de resíduos sólidos da produção agrícola em aterros e incineradores (embalagens de agrotóxicos, por exemplo).

A avaliação da pegada de carbono do melão apresentada neste estudo de caso considera uma situação de referência e dois cenários de produção agrícola A e B (Figura 2). Na situação de referência, áreas de Caatinga são transformadas em áreas agrícolas há menos de 20 anos e valores médios encontrados para cada insumo são utilizados. No cenário A, a quantidade média de fertilizante nitrogenado empregado na produção de melão é reduzida de 6 para 4 kg/t de melão, seguindo a indicação para a região em estudo, sugerida por Crisostomo et al. (2003). No cenário B, considera-se que as áreas produtoras de sementes, mudas e melão já são ocupadas com atividades agrícolas há mais de 20 anos, não tendo ocorrido desmatamento de vegetação nativa, e que as mesmas quantidades de insumos da situação de referência são utilizadas.

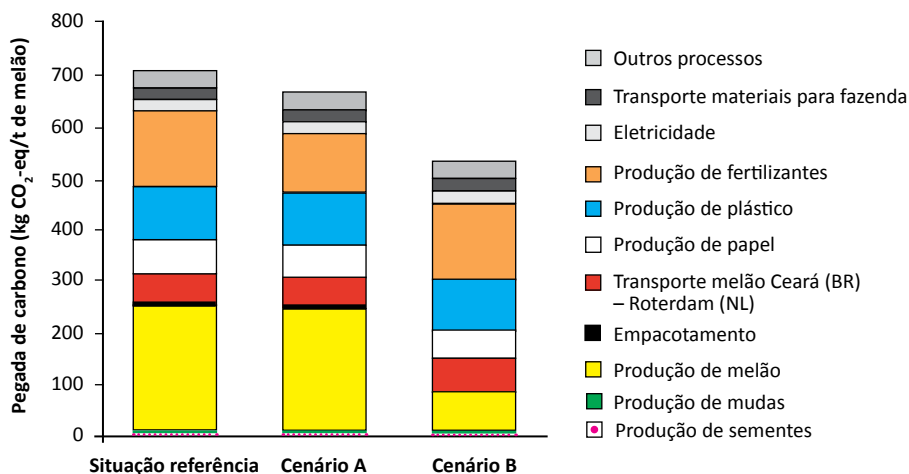


Figura 2. Pegada de carbono do melão Amarelo na situação de referência e cenários A e B.

Fonte: Figuerêdo et al. (2012).



Este estudo de caso mostra que a produção de melão em campo aberto é o processo que mais requer área plantada. Consequentemente, é responsável pelas maiores emissões de GEE devido à mudança no uso do solo. Esse processo também utiliza as maiores quantidades de fertilizantes nitrogenados por kg de melão exportado, liberando as maiores quantidades de N_2O .

A pegada média de carbono do melão Amarelo é de 710 kg CO_2 -eq/t melão exportado na situação de referência (Figura 2). Entretanto, devido às incertezas, esse valor pode variar de 539 a 669 kg CO_2 -eq/t. Essas incertezas se devem, principalmente, às variações dos tipos de solo e vegetação de caatinga encontrados na região do Baixo Jaguaribe, e dos fatores de emissão aplicados de acordo com o International Panel on Climate Change (2006), que influenciam a estimativa de emissões de GEE.

Comparando a pegada de carbono na situação de referência com a dos cenários A e B, observa-se que a pegada de carbono do melão pode ser reduzida. A principal redução (24% em relação à situação referência) ocorre no cenário B, quando os processos agrícolas são instalados em áreas já desmatadas há mais de 20 anos. No cenário A, a redução no uso de fertilizantes nitrogenados na produção de melão implica menores emissões de N_2O no campo e na produção dos fertilizantes, com redução em 6% da pegada de carbono em relação à situação referência.

Ainda, a magnitude da pegada de carbono do melão nos cenários do Nordeste brasileiro é menor do que a pegada de carbono encontrada para o melão produzido na Sicília, Itália (1.427 kg CO_2 -eq/t, (CELLURA et al., 2012). A diferença entre os resultados pode ser em função da diferença entre os ciclos e sistemas de produção (produção em campo aberto e em estufas), quantidade de plantas por área, assim como a quantidade de insumos utilizados em cada sistema de produção.

Estudo de caso 2: pegada de carbono do melão produzido sob sistema convencional e conservacionista no Submédio São Francisco

Este estudo avalia a pegada de carbono do melão cultivado no Submédio São Francisco produzido de forma convencional e em um sistema conservacionista em área experimental. O sistema convencional é baseado em informações de uma



importante área produtora localizada no Município de Juazeiro, BA, que utiliza irrigação por gotejamento, plantio de sementes em cova, uso de maquinários e adubação intensiva. Já o sistema conservacionista considera informações de uma área experimental, localizada no Município de Petrolina, PE. Esse sistema conservacionista caracteriza-se por realizar adubação verde com a utilização de coquetel vegetal, composto por 25% de leguminosas e 75% de não leguminosas. O coquetel vegetal é incorporado ao solo antes do plantio de melão. As espécies do coquetel vegetal são: calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), mucuna-preta (*Mucuna aterrina*), mucuna-cinza (*Mucuna conchinchinensis*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.), milho (*Zea mays*), milheto (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.).

Os processos considerados neste estudo de caso são: a produção e o transporte de insumos (sementes, fertilizantes, agrotóxicos, plásticos, combustível, entre outros), os processos envolvidos na produção de mudas (utilizadas apenas nos tratamentos com e sem incorporação de coquetel vegetal), a produção agrícola do melão em si, a embalagem e o transporte rodoviário dos frutos. Os dados inventariados se referem a valores médios (considerando os anos de 2011 a 2013) obtidos por meio da aplicação de questionários nas unidades de produção e campo experimental. A pegada de carbono é calculada em função da produção de uma tonelada de melão Amarelo produzido no Submédio São Francisco e transportado para a Ceagesp, cidade de São Paulo.

Observa-se que a pegada de carbono do sistema convencional (818,63 kg CO₂-eq/t melão) é maior que a do sistema conservacionista (672,43kg CO₂-eq por tonelada de melão produzido). A análise de incerteza, realizada segundo o método de Monte Carlo indica que o sistema convencional tem maior impacto que o sistema conservacionista nas mudanças climáticas, a um nível de significância de 100% (Figura 3).

No sentido de avaliar a contribuição dos principais processos no valor final da pegada de carbono, analisou-se a contribuição de cada processo na pegada de carbono do melão cultivado nos sistemas convencional e conservacionista. Observa-se que o transporte de melão tem significativa contribuição nos dois sistemas analisados, aproximadamente, 46% no sistema convencional e 56% no sistema conservacionista (Figura 3). As emissões nesse processo se devem, principalmente, à queima de combustíveis fósseis consumidos pelos caminhões utilizados no transporte rodoviário do melão até São Paulo.

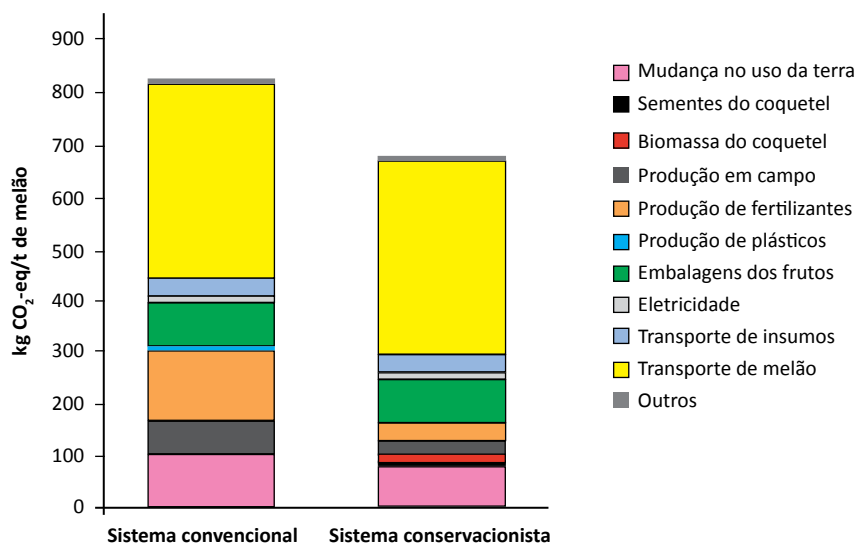


Figura 3. Contribuição dos principais processos na pegada de carbono dos dois sistemas de produção.

No sistema convencional, nota-se ainda a importante contribuição da produção de fertilizantes. Essa contribuição é maior no sistema convencional, pois este utiliza maiores quantidades de fertilizantes que o sistema conservacionista (experimental com adubação verde). A demanda de fertilizantes sintéticos no sistema conservacionista é menor, pois há fornecimento de nutrientes pela adubação verde.

A mudança no uso da terra também se destaca entre os principais processos que contribuem para a pegada de carbono na produção de melão em ambos os sistemas. Porém, a mudança no uso da terra no sistema conservacionista apresenta menor contribuição para a pegada total de carbono (84,6 kg CO₂-eq/t melão) do que no sistema convencional (103,37 kg CO₂-eq/t de melão). Essa diferença se deve principalmente à biomassa do coquetel vegetal que repõe maiores quantidades de carbono ao solo, reduzindo as perdas de CO₂ (contabilizadas no balanço de C).

Considerações finais

Estudos de pegada de carbono de alimentos são cada vez mais utilizados por cadeias de suprimento como instrumento mercadológico. Esses estudos



avaliam o impacto de produtos considerando as emissões de GEE que ocorrem ao longo do seu ciclo de vida, ou seja, considerando os processos de extração de matérias-primas, produção de insumos utilizados no campo, produção agrícola e transporte do produto ao mercado de destino.

Os estudos de pegada de carbono de produtos agrícolas no Brasil devem considerar as particularidades ambientais e de produção regionais. Os estudos de caso apresentados neste capítulo indicam que a pegada de carbono de um produto agrícola varia de acordo com a região, sistema de cultivo e tipo de transporte utilizado. Cada região possui características ambientais (tipo de solo e clima) que influenciam as taxas de emissão de GEE e o estoque de carbono no solo.

A produção de melão em rotação com adubos verdes incorporados ao solo (sistema conservacionista) apresenta menor pegada de carbono que a produção convencional sem rotação. A adubação verde fornece nutrientes à cultura do melão, reduzindo as emissões decorrentes principalmente do uso dos fertilizantes sintéticos. Além disso, o sistema conservacionista de produção de melão reduz as emissões provenientes da mudança do uso da terra, pois a biomassa do adubo verde contribui para reposição de carbono ao solo, reduzindo assim as perdas no balanço final de carbono do sistema de produção.

Analisando o processo de transporte de insumos e do produto final (melão), observa-se que o transporte por caminhão emite mais GEE do que por navio. O principal fator para essa diferença está relacionado ao volume de carga transportado. Assim, deve-se sempre avaliar a pertinência de realizar o transporte de insumos e do produto final por via marítima quando as distâncias são grandes e existe uma rede hidroviária disponível.

Referências

- BARROS, V. B. **Identificação do potencial de liberação de gases de efeito estufa na produção de melão (*Cucumis melo* L.), no Nordeste do Brasil**. 2012. 41 p. Trabalho conclusão do curso de Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental. Universidade Paulista, São Paulo.
- BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; MARTIN-NETO, L.; MADARI, B. E.; MILORI, D. M. B. P.; MACHADO, P. L. O. de A. Estoques de carbono nos solos do Brasil: quantidade e mecanismos de acúmulo e preservação. In: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. de A.; URQUIAGA, S. (Ed.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. p. 33-82.



BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. de A. D. de; TERAPO, D. (Org.). **Produção integrada de melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Banco do Nordeste do Brasil, 2008. 338 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Inventário brasileiro de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/347281.html>>. Acesso em: 01 out. 2014.

BSI. BRITISH STANDARDS 2011. **PAS 2050: 2011** – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. DEFRA, United Kingdom. Disponível em: <<http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

CARMO FILHO, F. do; OLIVEIRA, O. F. de. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995 (Coleção Mossoroense, série B).

CASINO GROUPE (CASINO). **A pioneer of environmental labeling**. Disponível em: <<http://www.groupe-casino.fr/en/Encouragingconsumption-that.html>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

CELLURA, M.; LONGO, S.; MISTRETTA, M. Life cycle assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 28, p. 56-62, 2012.

CRISOSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; VAN RAIJ, B.; FARIA, C. M. B. de; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISOSTOMO, J. R.; FREITAS, J. de A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 20 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 14). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9013/1/Ci-014.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

DOLE FOOD COMPANY INC. **Corporate responsibility and sustainability: carbon footprint**. 2011. Disponível em: <<http://dolecrs.com/sustainability/carbon-footprint/>>. Acesso em: 18 nov. 2014.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; BARROS, V. S.; SANTOS, T. L.; KROEZE, C.; POTTING, J.; BOER, I. Pegada de Carbono do Melão Amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 3., 2012, Maringá. **Anais...** Maringá: DeltaPress, 2012. p.357-359.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; POTTING, J.; SERRANO, L. A. P.; BEZERRA, M. A.; BARROS, V. S.; GONDIM, R. S.; NEMECEK, T. Environmental assessment of tropical perennial crops: the case of the Brazilian cashew. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 131-140, 2016.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; CROEZE, C.; POTTING, J.; BARROS, V. B.; ARAGÃO, F. A. S.; GONDIM,



R. S.; SANTOS, T. L.; BOER, I. J. M. The carbon footprint of exported Brazilian yellow melon. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 404-414, 2013.

HERNANI, L. C.; PADOVAN, M. P. Adubação verde e recuperação de solos degradados. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 373-398.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040** – Environmental management, Life cycle assessment, Principles and framework. Geneva, 2006a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14044** – Environmental management - Life cycle assessment - requirements and guidelines. Geneva, 2006b.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Geneva, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>>. Acesso em: 5 jul. de 2014.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14067** – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication. Geneva, 2012.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, p. 135-160, 2011.

WRI/WBCSD. WORLD RESOURCE INSTITUTE; WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Product life cycle reporting and standard**. Washington, DC., 2011. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2012.

TESCO PLC. **Reducing our impact on the environment**. 2016. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/product-standard>>. Acesso em: 21 dez. 2016.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações de uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 62-167.

Capítulo • 3

Pegada hídrica de produtos agrícolas: estudo de caso do melão Amarelo

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Viviane da Silva Barros

Tayane de Lima Santos

Rubens Sonsol Gondim

Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura

Cássia Maria Lie Ugaya

Introdução

A água é essencial para a vida humana e fator limitante na produção de alimentos. Cerca de 70% da água doce consumida é utilizada na produção agrícola, sendo esse setor o maior usuário desse recurso no planeta. A preocupação mundial com a eficiência do uso da água na produção agrícola e agroindustrial tornou o tema comum em discussões políticas, econômicas e científicas no século 21 (ENVIRONMENT MANAGEMENT GROUP, 2011; FAO, 2009; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2012).

O aumento da temperatura na Terra (INTERNATIONAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE, 2006) aliado ao crescimento rápido da população (FAO, 2009) impulsiona os debates sobre como aumentar a produção de alimentos no planeta, que enfrenta mudanças nos fluxos hídricos. A expectativa de se chegar a uma população de 9 bilhões de pessoas em 2050 demandará aumento de 70% na produção de alimentos, implicando um crescimento de no mínimo 11% no uso de água para irrigação (TURRAL et al., 2011). Essa demanda em regiões semiáridas e áridas implicará maior pressão sobre os recursos hídricos, em um cenário nada confortável de mudanças climáticas.

Diante do desafio de produzir mais alimentos e outros bens com maior eficiência no uso da água, diversos estudos vêm avaliando a pegada hídrica de nações (CHAPAGAIN; HOEKSTRA, 2004), organizações (DELOITTE, 2012; INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, 2011) e produtos, em especial agrícolas (DE BOER et al., 2013; FIGUEIRÊDO et al., 2014; MEKONNEN;



HOEKSTRA, 2011; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012; PFISTER et al., 2009; PFISTER et al., 2011; RIDOUTT; PFISTER, 2012). Em sua maioria, esses estudos apresentam informações relativas à quantidade de água requerida na produção, considerando um determinado processo ou todo o ciclo de vida de um produto agropecuário, e focando a avaliação dos impactos na escassez hídrica.

Este capítulo apresenta o conceito de pegada hídrica, os principais métodos disponíveis para inventário e avaliação do impacto do uso da água no ciclo de vida de produtos e a aplicação de um método de pegada, com foco na escassez hídrica, no estudo do melão Amarelo.

Definição de pegada hídrica

O termo “pegada hídrica” foi inicialmente introduzido por Hoekstra (2003) para medir o volume total de água requerido na produção de todos os bens consumidos pelas pessoas de um país. Segundo o autor, esse volume total é calculado considerando o volume extraído de corpos hídricos do país e o volume importado de outros países (água virtual), fornecedores de produtos consumidos no país em estudo. Essa quantificação tinha como objetivo alertar a população para a quantidade de água requerida por produtos realizando a análise comparativa entre diferentes produtos.

O método proposto por Hoekstra (2003) para quantificação do volume de água relativo a um produto evoluiu ao longo dos anos incorporando os conceitos de água verde, azul e cinza. Hoekstra et al. (2011) definem como verde a água da chuva armazenada no solo, disponível e aproveitada para o desenvolvimento das plantas; como azul, a água escoada e percolada, posteriormente estocada em reservatórios superficiais e subterrâneos e utilizada em processos de produção (na agricultura, para irrigação de culturas); cinza, a água necessária para diluir a carga poluente oriunda de processos de produção, de acordo com padrões de qualidade da água no estado natural. A água cinza é virtual, ou seja, a quantidade de água para diluir os poluentes muitas vezes não está disponível na região, embora seja calculada e integre o valor da pegada hídrica no método de Hoekstra et al. (2011). A Rede de Pegada Hídrica, fundada em 2008, apresenta em seu site na internet um volume médio global de água verde, azul e cinza associado à produção de uma variedade de bioprodutos, como banana (790 L/kg), biodiesel de soja (11.397 L/L de biodiesel) e chocolate (17.196 L/kg) (WATER FOOTPRINT NETWORK, 2015).



Embora a quantificação do volume de água demandado por um produto seja importante para a tomada de decisão sobre o uso desse recurso natural, outros fatores relacionados ao escopo do estudo e à avaliação dos impactos ambientais desse uso são relevantes em estudos de pegada hídrica. O escopo se refere à abrangência geográfica e temporal dos processos analisados pelo estudo da pegada. O estudo pode considerar o uso da água em um único processo produtivo, ocorrendo em determinada região, ou o uso em todos os processos que integram o ciclo de vida de um produto, abrangendo várias regiões. Pode-se ainda considerar o uso da água avaliando o histórico da produção nos últimos anos, ou estudando as variações sazonais ocorrentes em atividades agrícolas. Com isso, é possível diferenciar os efeitos do uso da mesma quantidade de água em regiões e épocas distintas.

A avaliação dos impactos ambientais em estudos de pegada hídrica se refere aos efeitos relacionados ao consumo e à degradação da qualidade da água (BAYART et al., 2010) (Figura 1). O consumo leva à redução no volume de água disponível, podendo causar a escassez do recurso em uma região. Um determinado consumo de água causa efeitos diferentes em uma região com adequada disponibilidade de água e em outra com carência desse recurso. A escassez de água pode ser um fator limitante à irrigação e à oferta de alimentos, afetando a segurança alimentar e, por consequência, a saúde da população. A escassez hídrica também reduz o fluxo de água nos corpos hídricos superficiais, podendo levar à diminuição no número de espécies ou quantidade de indivíduos de uma mesma espécie, afetando a qualidade dos ecossistemas. Quando o nível de escassez é crítico em uma região, a taxa de extração é maior que a de renovação das águas nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Nessa situação, o consumo de água implicará em depleção das reservas hídricas existentes.

Impactos relacionados à degradação da qualidade da água ocorrem pela liberação de carga poluente em efluentes líquidos, lançados de forma pontual (ex.: efluente de uma extração de tratamento de esgoto industrial) ou difusa (ex.: efluente de áreas agrícolas). Esses efluentes, quando lançados em corpos hídricos, podem reduzir a qualidade da água necessária aos diferentes usos em uma região (Figura 1). A liberação de água com qualidade inferior à que foi captada pode reduzir a disponibilidade desse recurso para alguns fins, para os quais é requerido um padrão de qualidade superior (ex., dessedentação humana e animal, agricultura, lazer), com efeitos na oferta de alimentos. Águas



de qualidade inferior também podem causar impactos negativos nos corpos hídricos, tais como eutrofização, acidificação e toxicidade. Essas mudanças na cadeia de causa e efeito ambiental, por sua vez, podem culminar em efeitos adversos à saúde humana e biodiversidade dos ecossistemas.

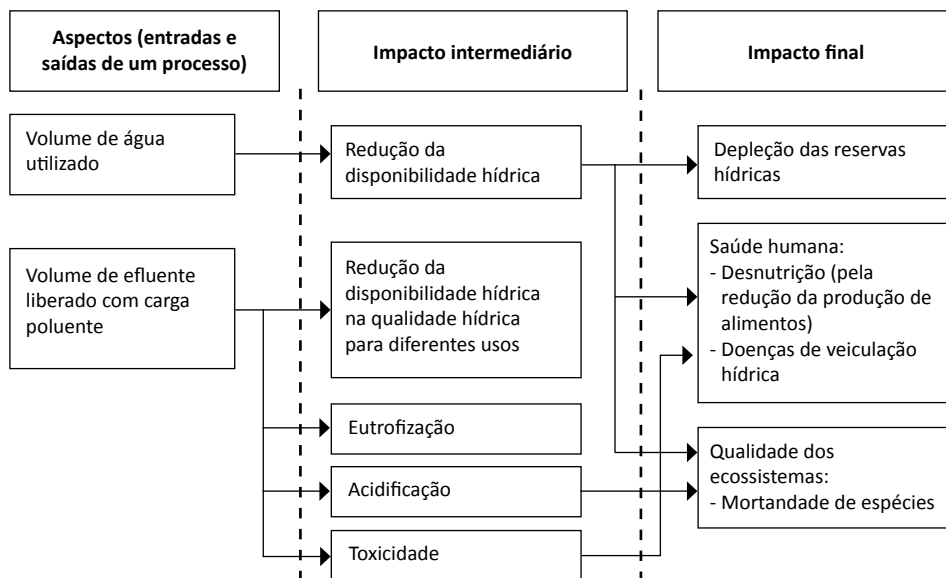


Figura 1. Cadeia de causa e efeito ambiental relacionada ao uso da água.

Fonte: Adaptado de Bayart et al. (2010) e Kounina et al. (2013).

Nesse contexto, o conceito de pegada hídrica foi modificado nos últimos anos, passando da simples quantificação volumétrica da água demandada em um único processo de produção para a consideração de todos os processos ao longo do ciclo de vida do produto. Esse conceito também passou a contemplar a avaliação dos impactos ambientais relacionados ao consumo e degradação da água (BAYART et al., 2010; ISO, 2014; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2012).

Em 2014, foi publicada a norma internacional ISO 14046, que estabelece os procedimentos para contabilização e comunicação da pegada hídrica de produtos (ISO, 2014). Essa norma requer que a avaliação da pegada hídrica de um produto considere o seu ciclo de vida e a avaliação de impactos ambientais resultantes do uso da água, ou seja, do seu consumo e da liberação de poluentes em efluentes que atingem corpos d'água (ISO, 2014).



De acordo com esse conceito amplo de pegada hídrica, observa-se que o resultado de um estudo não se restringe a um valor de uma única categoria de impacto, mas a um conjunto de valores de categorias de impacto relacionadas à cadeia de causa e efeito do uso da água. Essa cadeia de causa e efeito está em constante expansão, pois, com certa frequência, novos impactos são identificados e relacionados ao uso da água.

Nesse sentido, estudos relacionados à pegada hídrica devem qualificar seu objetivo e escopo claramente, identificando quais aspectos da cadeia de causa e efeito ambiental estarão sendo contemplados. Exemplificando, no caso de o foco do estudo ser o impacto na disponibilidade física da água, o estudo deve ser qualificado como de pegada hídrica, com foco em escassez hídrica.

Muitos estudos vêm avaliando a pegada hídrica de produtos agrícolas com foco na escassez hídrica (DE BOER et al., 2013; FIGUEIRÊDO et al., 2014; JEFFERIES et al., 2012; PFISTER, 2010; PFISTER et al., 2011; STOESSEL et al., 2012). Esses estudos apresentam informações relativas à quantidade de água requerida na produção de alimentos e avaliam impactos potenciais na escassez hídrica causados pelo uso da água em diferentes regiões. Pfister et al. (2011) avaliaram os impactos relacionados ao uso da água de mais de 160 produtos agrícolas, considerando as diversas regiões produtoras no mundo. Ridoutt e Pfister (2010) identificaram os principais processos que contribuem para escassez hídrica na cadeia de produção de molho de tomate produzidos na Austrália. Jefferies et al. (2012) avaliaram a pegada hídrica do chá e da margarina, identificando as regiões e processos que mais contribuem para a pegada. Stoessel et al. (2012) avaliaram a pegada hídrica de 34 frutas e vegetais comercializados por uma rede varejista na Suíça, apontando os produtos com maior pegada hídrica. Nesses estudos, buscou-se apontar processos da cadeia de produção agrícola e agroindustrial que devem ser priorizados para redução das pressões sobre os recursos hídricos, utilizando-se estimativas de uso da água nos processos agrícolas.

Apesar do crescente interesse de empresas pela certificação ambiental com foco na pegada hídrica, alguns estudos questionam a aplicabilidade de avaliações de pegada hídrica na melhoria da eficiência do uso da água em uma região. Perry (2014) pondera que a escolha de produtos que apresentam menor pegada hídrica em selos de certificação não garante a redução da escassez em regiões que fornecem água a processos relacionados ao ciclo de vida de um produto. Caso os demais usuários dos recursos hídricos não se tornem também



eficientes no uso da água, o problema da escassez hídrica continuará na região impactada.

Outra ponderação é que mesmo que toda uma cadeia produtiva se torne eficiente no uso da água e garanta a mínima pegada hídrica a um produto, caso as principais regiões provedoras de água sejam semiáridas ou áridas, essa pegada pode ser maior que a do mesmo produto produzido em regiões sem escassez hídrica e sem eficiência no uso da água. No caso do produto com pegada hídrica maior ter consumo reduzido, devido à decisão do consumidor em reduzir o consumo de produtos com maior pegada, toda uma cadeia produtiva que era eficiente no uso da água pode ser desfeita com impactos socioeconômicos negativos em regiões áridas e semiáridas. Não se pode bloquear a implantação de processos produtivos que consomem água nessas regiões, mas devem-se instituir ações políticas que busquem a máxima eficiência do uso da água nesses processos.

Nesse sentido, é importante informar às empresas e consumidores de alimentos e produtos agroindustriais o significado dos valores presentes em selos de pegada hídrica e buscar utilizar esse tipo de estudo na compreensão de ineficiências no uso da água no ciclo de vida de produtos. O estudo realizado por Page et al. (2011) sobre o tomate produzido em várias regiões da Austrália mostra como o estudo da pegada hídrica em conjunto com a análise da eficiência do uso da água podem contribuir para definição de estratégias de produção agrícola mais eficientes no uso desse recurso. O estudo de caso do melão amarelo, com foco na escassez hídrica, apresentado neste capítulo, também avalia a eficiência no uso da água na produção do melão.

Inventário ambiental para cálculo da pegada hídrica

Os parâmetros que devem constar de inventários de ciclo de vida (ICV) variam de acordo com o objetivo do estudo, que pode contemplar uma ou mais categorias de impacto relacionadas ao uso da água. Para estudos amplos, que contemplam várias categorias de impacto, é importante constar as seguintes informações na coleta de dados de cada processo integrante do ciclo de vida de um produto (BAYART et al., 2010; BOULAY et al., 2011a; MILA i CANALS et al., 2009):

- Localização da fonte hídrica: bacia hidrográfica, região e país.
- Tipo de fonte hídrica: superficial (rio, lago, reservatório), subterrânea



(renovável e não renovável/fóssil) ou chuva estocada no solo (água verde).

- Volume consumido: água retirada que não retorna para a mesma bacia hidrográfica depois de utilizada em um processo produtivo. O consumo ocorre devido à água ter evaporado, sido incorporada ao produto, ou sido lançada em outra bacia diferente da provedora do recurso ou no mar.
- Volume retirado: volume de água abstraído de uma fonte hídrica que pode ou não ser totalmente consumido por um processo produtivo.
- Volume retornado: volume de água retornado ao corpo hídrico provedor.
- Qualidade da água retirada: qualidade físico-química da água retirada de um corpo hídrico.
- Qualidade da água retornada: qualidade físico-química da água que retorna ao corpo receptor de origem.
- Carga poluente: massa de poluentes resultante de um processo produtivo capaz de gerar impactos de eutrofização, acidificação e/ou toxicidade.

Boulay et al. (2011a) definiram 17 classes de água (considerando fontes superficiais e subterrâneas e possíveis usuários) e identificaram valores limites de concentração de poluentes para cada classe, considerando 137 parâmetros, tais como coliformes totais e sólidos suspensos, dentre outros. Os usos da água considerados foram: doméstico, industrial, agrícola, refrigeração, recreação, transporte e geração de energia. Essas 17 classes de água podem ser utilizadas para expressar a qualidade da água captada e retornada aos corpos hídricos permitindo avaliações de impactos relacionadas à degradação da qualidade da água que pode comprometer, por exemplo, a produção de alimentos em uma região.

As principais bases de dados para ICV disponíveis não possuem o nível de detalhamento comentado anteriormente. A base de dados Ecoinvent (WEIDEMA et al., 2013), por exemplo, apresenta informações sobre o volume de água removido para um processo, informando somente a origem (desconhecida, barragem, rios, lagos, poços ou mar), o uso da água (processo, resfriamento ou funcionamento de turbinas) e a quantidade de água em produtos. Informações sobre volume e qualidade da água consumida e retornada não estão disponíveis.



Dessa forma, as informações constantes nas bases de dados de inventários tradicionais precisam ser complementadas para o desenvolvimento de estudos de pegada hídrica mais abrangentes.

Inventário do uso da água de processos agrícolas

Processos agrícolas requerem água em quantidades e distribuição variada no tempo e espaço, conforme a cultura em estudo e o clima da região. De acordo com Bayart et al. (2010) e Ridoutt e Pfister (2010), o consumo da água da chuva disponível na camada superficial do solo (água verde) não promove impactos ambientais diretos. Entretanto, o consumo de água oriunda de reservatórios superficiais e subterrâneos para irrigação (água azul) reduz o acesso de outros usuários da bacia hidrográfica ao recurso, podendo gerar escassez hídrica, dependendo das características climáticas e da capacidade de armazenamento de água da região. Assim, o volume de água aplicado na irrigação deve ser determinado, levando-se em consideração os fatores: solo, clima, método de irrigação, bem como a cultura a ser explorada.

Estimativa do volume de água para irrigação de uma cultura

A necessidade hídrica de uma cultura pode ser estimada por meio de vários métodos recomendados pela FAO (ALLEN et al., 2006). Em regiões onde há monitoramento de dados climáticos como temperatura, velocidade do vento, precipitação, radiação solar, entre outros, a FAO recomenda a utilização da equação de Penman-Monteith, que determina a influência das condições climáticas sobre a evapotranspiração da cultura de referência. Para determinar a evapotranspiração da cultura, utiliza-se o coeficiente de cultivo da cultura (K_c), que varia ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (Equação 1). Pode-se dizer que o K_c insere as características da cultura na sua demanda hídrica.

$$ET_c = \sum K_c \times ET_o \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

K_c = coeficiente de cultivo em cada estágio fenológico da cultura.

ET_o = evapotranspiração da cultura de referência.

ET_c = evapotranspiração da cultura no ciclo de cultivo.

Uma opção para regiões que não dispõem de dados climatológicos históricos é a utilização da base de dados AQUASTAT (FAO, 2012), que fornece informações climatológicas e de ET_o de acordo com as coordenadas geográficas para todas as regiões do mundo.



Dados de Kc são próprios de cada cultura e da região onde é cultivada. Esses dados estão disponíveis para várias culturas em Allen et al. (2006) e em diversas publicações brasileiras sobre irrigação, como Gondim et al. (2004), que fornece dados de Kc para várias culturas produzidas no Ceará.

O sistema de irrigação, apesar de não incidir diretamente sobre a necessidade hídrica da cultura, é um importante fator a ser considerado na determinação do volume de água aplicado, pois os diferentes tipos de sistemas de irrigação (gotejamento, aspersão, microaspersão, sulcos, etc.) possuem diferentes percentuais de eficiência de aplicação que influenciam diretamente no cálculo da lâmina líquida (Equação 2) e bruta (Equação 3) de água a ser aplicada na cultura.

$$LL = E_{Tc} - p_{ef} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

LL = lâmina líquida necessária pela cultura.

p_{ef} = precipitação efetiva.

$$LB = \frac{LL}{E_a} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

LB = lâmina bruta aplicada pelo sistema de irrigação.

E_a = eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

Informações sobre como calcular a precipitação efetiva e sobre valores médios de eficiência de aplicação dos sistemas de irrigação podem ser obtidas em Allen et al. (2006) e Gondim et al. (2004).

Inventário do uso da água de processos agroindustriais

Processos agroindustriais também demandam água em atividades de limpeza da matéria-prima, processamento de alimentos, refrigeração, entre outros. Nesses processos, parte do volume de água original retirado de corpos hídricos é retornada, mas com qualidade inferior. Nesses processos, devem-se coletar dados referentes ao volume de água abstraída e retornada, e à qualidade dessas águas (BOULAY et al., 2011a), além de se mensurar a carga poluente dos efluentes.



Métodos de avaliação de impacto ambiental para estudos de pegada hídrica

Métodos de avaliação de impactos referentes à eutrofização, acidificação e toxicidade aquática já foram amplamente discutidos e estão disponíveis em pacotes metodológicos de AICV (JOINT RESEARCH CENTRE, 2011). Já os métodos que relacionam o consumo e degradação da qualidade da água a impactos referentes à escassez e depleção desse recurso natural, à saúde humana e à qualidade dos ecossistemas são recentes e ainda não estão disponíveis em pacotes metodológicos como ReCiPe, Impact2002+ e outros, disponíveis em diversos softwares de apoio à ACV. Assim, estudos de pegada hídrica dificilmente são executados utilizando apenas um método, requerendo a integração de vários métodos para a consideração dos distintos impactos atribuídos ao uso da água.

Os métodos disponíveis para avaliação de impactos intermediários (ponto médio) e finais (ponto final) relacionados ao uso da água adotam diferentes sistemáticas para derivação de fatores de caracterização. Os principais métodos publicados, o tipo de impacto que avaliam e a disponibilidade de fatores de caracterização para as diversas regiões do mundo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Métodos de avaliação de impactos referentes ao uso da água.

Método	Fluxo hídrico considerado	Impacto considerado	Fator de caracterização
<u>Impactos intermediários</u>			
Frischknecht et al. (2006)	- Volume retirado	- Escassez hídrica devido ao consumo de água. Integra a avaliação de impacto dos recursos naturais do método suíço "Ecological Scarcity". Unidade de medida: eco-point/UF ⁽¹⁾	- Disponível para a Suíça, para os países da OECD. Fatores disponíveis para outros países de acordo com classe de escassez
Pfister et al. (2009)	- Volume consumido	- Escassez hídrica. Unidade de medida: m ³ /UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Método	Fluxo hídrico considerado	Impacto considerado	Fator de caracterização
Mila i Canals et al. (2009)	<ul style="list-style-type: none"> - Volume consumido de reservas superficiais - Volume perdido pela mudança no uso da terra - Volume consumido de reservas subterrâneas 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto da escassez hídrica em ecossistemas de água doce. Unidade de medida: m^3 de “ecossistema eq” de água/UF⁽¹⁾ - Impacto na depleção de reservas subterrâneas. Unidade de medida: antimônio eq/UF⁽¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponível para bacias e países - Não disponíveis
Ridoutt e Pfister (2010)	- Volume consumido mais volume necessário para diluição da carga poluente de efluentes líquidos	- Escassez hídrica. Unidade de medida: l/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo, de acordo com Pfister et al. (2009)
Boulay et al. (2011b)	- Volume retirado e volume restituído ao corpo hídrico. Esses volumes são qualificados considerando 17 classes de água	- Disponibilidade para diferentes usos humanos (qualidade e quantidade). Unidade de medida: m^3 eq/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo
Pfister e Baumann (2012)	- Volume consumido	- Escassez hídrica considerando variações mensais na demanda e disponibilidade hídrica. Unidade de medida: m^3 /UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo
Wulca (2014)	- Volume consumido	- Escassez hídrica considerando disponibilidade e demandas para uso humano e do ecossistema. Unidade de medida: $m^3_{região}/m^3_{mundo}$	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo
Impacto final: Saúde humana			
Pfister et al. (2009)	- Volume consumido	- Impacto na saúde humana devido a menor quantidade de água disponível para agricultura irrigada e consequente desnutrição. Unidade de medida: DALY/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Método	Fluxo hídrico considerado	Impacto considerado	Fator de caracterização
Motoshita et al. (2011)	- Volume consumido	- Impacto na saúde humana devido à ocorrência de doenças de veiculação hídrica quando o acesso à água para consumo doméstico é reduzido. Unidade de medida: DALY/UF ⁽¹⁾	- Disponível para países em todo o mundo
Boulay (2011)	- Volume retirado e volume restituído ao corpo hídrico. Esses volumes são qualificados considerando 17 classes de água	- Impacto na saúde humana devido à menor quantidade de água disponível na qualidade requerida para os diferentes usos, considerando a capacidade de adaptação dos usuários. Unidade de medida: DALY/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo
Impacto final: Qualidade dos ecossistemas			
Pfister et al. (2009)	- Volume consumido	- Impacto na qualidade dos ecossistemas pela redução da produção vegetal primária devido à menor disponibilidade de água. Unidade de medida: PDF/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo
Hanafiah et al. (2011)	- Volume consumido	- Impacto na qualidade do ecossistema pela redução do número de espécies aquáticas devido à menor disponibilidade de água. Unidade de medida: PDF/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas em todo o mundo
Van Zelm et al. (2011)	- Volume consumido	- Impacto na qualidade do ecossistema pela redução do número de espécies terrestres devido à menor disponibilidade de água. Unidade de medida: PNOF/UF ⁽¹⁾	- Disponível para a Holanda

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Método	Fluxo hídrico considerado	Impacto considerado	Fator de caracterização
<u>Impacto final: Depleção de recursos</u>			
Pfister et al. (2009)	- Volume consumido	- Impacto na depleção dos recursos hídricos pelo uso na bacia ser superior à taxa de renovação de água. Calculado considerando a energia necessária para dessalinizar a água na bacia hidrográfica (backup-technology). Unidade de medida: MJ/UF ⁽¹⁾	- Disponível para bacias hidrográficas e países em todo o mundo

⁽¹⁾UF = unidade funcional adotada no estudo de ciclo de vida do produto (ver capítulo sobre pegada ambiental); DALY = anos de vida desabilitados ou perdidos (*disability adjusted life years*); PDF = fração de espécies potencialmente desaparecida (*potentially disappeared fraction of species*); PNOF = fração de espécies de plantas potencialmente não ocorrentes ou extintas (*potentially not occurring fraction of plant species*); MJ = energia extra necessária à extração de água (*surplus energy*).

Com exceção do método proposto por Boulay et al. (2011b), os demais avaliam o impacto intermediário sobre a escassez hídrica de uma região, considerando apenas o consumo de água. Esses métodos apresentam fatores de caracterização baseados na relação entre retirada (ou consumo) e disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas. Porém, essa relação é utilizada de diferentes formas (Tabela 2) no cálculo dos fatores de caracterização, com resultados expressos em diferentes unidades de medida (m^3 , m^3 equivalente, m^3 de ecossistema equivalente). Nesses casos, é necessário agregar outros métodos de AICV de ponto médio que permitam avaliar também os impactos relacionados à degradação da água (e.g.: eutrofização e toxicidade).

Os métodos de AICV relacionados ao uso da água podem ser complementares, quando cada método está focado em determinada causa e efeito ambiental (Tabela 1). Entretanto, é importante a realização de uma avaliação comparativa desses métodos no estudo de ciclo de vida de um produto (KOUNINA et al., 2013). Dependendo do método utilizado para avaliação de impacto, diferentes fluxos (Tabela 1) podem ser considerados no inventário e diferentes fatores de caracterização (Tabela 2) podem ser empregados na avaliação de um processo, gerando resultados de pegada hídrica diferentes para um mesmo sistema de produto. Essa situação requer um estudo comparativo



criteroso desses métodos com indicação daqueles mais adequados ao estudo da pegada hídrica de produtos. Essa indicação é de especial relevância quando uma instituição promotora do estudo almeja tornar públicos os resultados, informando consumidores por meio de certificações ambientais e selos verdes.

Tabela 2. Métodos para cálculo de fatores de caracterização para impactos de ponto médio.

Método	Fator de caracterização	Impacto intermediário de um processo unitário
Frischknecht et al. (2006)	<p>Fator (para água) = $K \cdot (1/F_n) \cdot [F/(F_c \cdot 20\%)]^2 \cdot C$</p> <p>Em que:</p> <p>K = fator de caracterização do recurso natural (no caso da água é 1);</p> <p>F_n = quantidade de água retirada de corpos hídricos no país que realiza o estudo. Normaliza o valor tomando como referência o país que realiza o estudo.</p> <p>F = quantidade <u>de água</u> anual <u>retirada</u> na região onde o processo em estudo está localizado.</p> <p>F_c = quantidade de água anual <u>disponível</u> na região onde o processo em estudo está localizado.</p> <p>C = constante que é igual a 10¹².</p>	Impacto = Volume retirado de água * Fator
Pfister et al. (2009)	<p>Fator = $1/[1 + e^{-6.4 \cdot WTA} \cdot (1/0.01 - 1)]$</p> <p>Em que:</p> <p>WTA = <u>retirada</u> anual de água / <u>disponibilidade</u> anual de água de uma bacia ou país</p>	Impacto = Volume consumido * Fator
Mila i Canals et al. (2009)	<p>Fator para “impacto em ecossistemas de água doce” = <u>retirada anual de água / disponibilidade anual de água</u></p> <p>Fator para “impacto na depleção hídrica” = $[ER - RR / (R)^2] \cdot [(Rsb)^2 / DRsb]$</p> <p>Em que:</p> <p>ERi = taxa de extração de água na reserva subterrânea.</p> <p>RRi = taxa de regeneração na reserva subterrânea.</p> <p>Ri = volume de água disponível na reserva subterrânea.</p> <p>Rsb = reserva disponível do semimetal antimônio (Sb).</p> <p>DSsb = taxa de exploração do semimetal antimônio (Sb).</p>	Impacto = Volume consumido * Fator
Ridoutt e Pfister (2010)	Fator definido por Pfister et al. (2009), porém expresso em m ³ equivalente (m ³ -eq) de água.	Impacto = (Volume consumido + volume para diluição) * Fator

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Método	Fator de caracterização	Impacto intermediário de um processo unitário
Boulay et al. (2011b)	<p>Fator = $\alpha_i = [CU * (1 - fg) / Q90] * (1 / \Pi_i)$ para fonte superficiais de água</p> <p>Fator = $\alpha_i = (CU * fg / GWR) * (1 / \Pi_i)$ para fontes de água subterrâneas</p> <p>Em que:</p> <p>α_i = índice de stress hídrico da classe i (17 classes são propostas) de uma determinada bacia ou país.</p> <p>CU = volume de água <u>retirado</u> no ano (km³/ano).</p> <p>fg = fração da água consumida proveniente de reservas subterrâneas.</p> <p>Q90 = <u>disponibilidade</u> de água com 90% de segurança (km³/ano) +</p> <p>Π_i = Percentual da água disponível na bacia que tem qualidade pertencente a classe i.</p> <p>GWR = volume de água disponível na bacia proveniente de reservas subterrâneas renováveis (km³/ano).</p>	<p>Impacto = $\sum (\alpha_i * V_{i, in}) - \sum (\alpha_i * V_{i, out})$</p> <p>Em que:</p> <p>$V_{i, in}$ = volume (m³) de água retirado por um processo elementar, da classe i (17 classes são propostas).</p> <p>$V_{i, out}$ = volume (m³) de água retornado por um processo elementar, da classe i (17 classes são propostas).</p>
Pfister e Baumann (2012)	<p>Fator_m = $1 / [1 + e^{9.8 * WTA - m * (1 / 0.01 - 1)}]$</p> <p>Em que:</p> <p>WTA-m = <u>retirada mensal de água / disponibilidade mensal de água</u></p>	<p>Impacto = Volume consumido mensal * Fator mensal</p>
Wulca (2014)	<p>- Fator = $AMD_{média_mundial} / AMD_{região}$ quando Demanda < Disponibilidade.</p> <p>- Fator = 100, quando Demanda ≥ Disponibilidade ou $AMD_{região} < AMD_{média_mundial} / 100$.</p> <p>- Fator = 0,1, quando $AMD_{região} > 10 * AMD_{média_mundial}$</p> <p>Em que: $AMD = (Disponibilidade - Demanda_{humana + ecossistema}) / Área$.</p>	<p>Impacto = Volume consumido na região * Fator da região</p>

Estudo da pegada hídrica do melão Amarelo com foco na escassez hídrica

Este estudo de caso apresenta a pegada hídrica do melão amarelo com foco na escassez. O melão em estudo é o cultivado para fins de exportação na região do Baixo Jaguaribe (RBJ), entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte. O estudo detalhado encontra-se em Figueirêdo et al. (2014).



Neste estudo, os processos unitários considerados abrangem locais que ocorrem na RBJ (produção de mudas, produção vegetal, embalagem e disposição de resíduos sólidos oriundos da produção de melão), os processos que ocorrem antes ou a montante da produção agrícola (produção de insumos agrícolas e transporte desses materiais) e os processos que ocorrem após ou a jusante da produção agrícola (transporte de melões para o mercado europeu). Insumos agrícolas incluem sementes, substrato de coco, agrotóxicos, plásticos, papéis para embalagem, diesel, eletricidade, materiais de limpeza e água.

Os dados referentes ao uso de insumos, incluindo água, foram coletados, no período 2010-2011, por meio de questionários e entrevistas aplicados a gerentes de unidades produtoras de melão e mudas na RBJ. Os gerentes foram questionados sobre o volume de água de irrigação aplicado em campos de melão durante cada mês do período de cultivo (julho a janeiro). A avaliação da pegada é relativa a um quilo de melão amarelo exportado para a Europa. O índice de escassez hídrica (WTA) definido por Pfister et al. (2009) e Pfister e Baumann (2012) foi utilizado no cálculo da pegada. O valor da pegada final do melão é normalizado pelo PH global de 0,602 (RIDOUTT; PFISTER, 2010). Assim, a pegada hídrica do melão é normalizada pelo valor da pegada global do consumo de um litro de água no planeta.

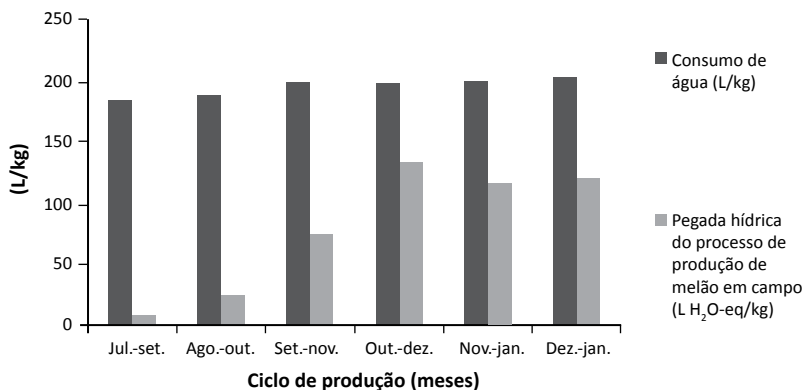
Observou-se que um volume total de água de 198 L é consumido para produzir e exportar um quilo de melão na RBJ, considerando todos os processos unitários envolvidos nessa produção (Tabela 3). Cerca de 98% desse volume é usado diretamente na irrigação do melão em campo aberto e 1,5% na produção de sementes, mudas e embalagem do melão. Uma quantidade insignificante de água (0,5%) é consumida pelos demais processos de produção dos insumos necessários à produção de sementes, mudas, melão e embalagens (agroquímicos, plásticos, papéis, substratos, combustível e energia elétrica).

A pegada hídrica do melão amarelo é de 135 L H₂O-eq/kg (Tabela 3). Esse valor é dominado pela água consumida (AC) da produção em campo aberto, pois o WTA médio da RBJ (0,404) é menor do que em outras regiões em que os demais processos produtivos estão localizados (por exemplo, a produção de fertilizantes está localizada principalmente no Chile, Portugal e Israel com um WTA médio de 0,710).

**Tabela 3.** Impacto do melão Amarelo na disponibilidade de água doce na situação de referência por processo.

Processos	Volume consumido (L/kg)	Volume consumido (%)	Escassez hídrica (L/kg)	Escassez hídrica (%)
Empacotamento	0,15	0,08	0,06	0,04
Produção de melão	195,14	98,61	80,15	98,32
Produção de mudas	0,05	0,03	0,02	0,02
Produção de sementes	0,09	0,05	0,04	0,03
Produção de papéis	0,72	0,36	0,38	0,28
Produção de plásticos	0,41	0,21	0,14	0,10
Produção de fertilizantes	1,02	0,51	0,72	0,53
Produção de agrotóxicos	0,11	0,05	0,00	0,00
Produção de energia elétrica (BR)	0,04	0,02	0,00	0,00
Produção de diesel	0,03	0,01	0,00	0,00
Produção de substrato de coco	0,0002	0,00	0,00	0,00
Produção de materiais de limpeza	0,15	0,07	0,00	0,00
Total (L/kg)	197,90	100,00	81,51	100,00
Pegada hídrica (L H ₂ O-e/kg)	-	-	135,40	-

No entanto, a pegada do melão Amarelo varia de acordo com o período de cultivo na RBJ (17-224 L H₂O-eq/kg na Figura 2). Isso ocorre devido, principalmente, às mudanças no WTA dessa região (0,05 para julho-setembro e 0,60 para outubro-dezembro).

**Figura 2.** Impacto da produção de melão Amarelo em campos abertos de acordo com o período de produção na estação de crescimento no Baixo Jaguaribe e região do Açú, Brasil.



O volume médio de água de irrigação por quilo de melão, informado pelos gerentes de fazendas produtoras de melão, foi então comparado com a exigência total de água de irrigação – lâmina bruta (LB) por quilo de melão. A LB foi calculada para o melão produzido nos municípios de Mossoró, Baraúna, Grossos e Tibau na RBJ.

Observou-se que a irrigação excessiva ocorre em todos os períodos de produção (Figura 3). Campos de melão cultivados de setembro a novembro, ou seja, em um dos períodos mais secos que necessitam de mais água de consumo, receberam 39% a mais de água do que o necessário. Em períodos que exigem menos irrigação, ou seja, de dezembro a fevereiro, aplicou-se até 160% a mais de água. A irrigação na Figura 3 variou mensalmente devido às mudanças na temperatura e velocidade do vento na RBA, causando alteração nos valores de ETo.

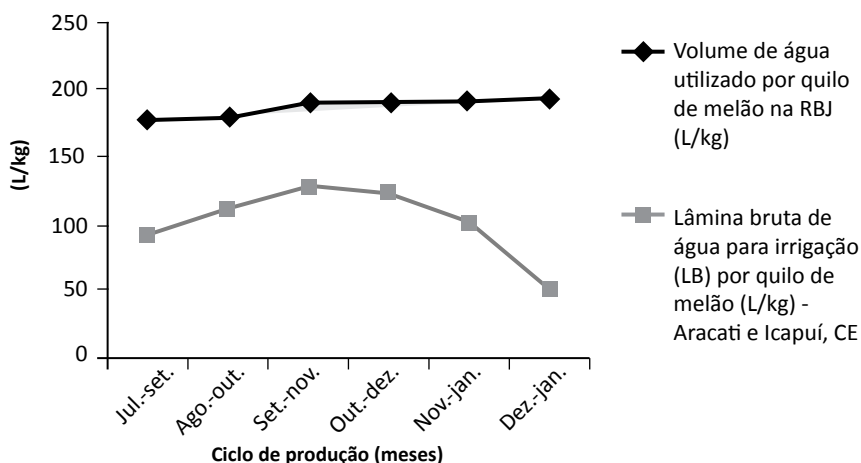


Figura 3. Água utilizada na irrigação pelos agricultores e lâmina bruta de água estimada para diferentes períodos de produção da estação de crescimento na região de Aracati e Icapuí, CE.

A pegada hídrica do processo de produção de melão foi calculada utilizando o consumo médio de água relatado pelos agricultores da RBJ, considerando o rendimento de 23 t de melão/ha (situação de referência) e a eficiência de irrigação de 68%. Entretanto, foram explorados outros cenários de produção, com mudanças no consumo de água, eficiência de irrigação e produtividade do melão.



- Cenário 1: o consumo de água é igual à exigência total bruta de água de irrigação (LB), a produtividade é de 23 t/ha e a eficiência do sistema é de 68%.
- Cenário 2: o consumo de água é igual à exigência total de água de irrigação (LB), a produtividade é de 23 t/ha e a eficiência do sistema é de 86%.
- Cenário 3: o consumo de água é igual à exigência total de água de irrigação (LB), a produtividade é de 40 t/ha (máxima relatada na RBJ) e a eficiência do sistema é de 86%.

Analisando esses cenários de produção, observou-se que a pegada hídrica do melão pode ser reduzida em 40% em relação à situação de referência, se o volume de água utilizado é de acordo com o estimado (LB) e o rendimento obtido é de 23 t / ha (cenário 1). Se a eficiência do sistema de irrigação melhorar para 86% (cenário 2), a pegada pode ser reduzida em 52%. Além disso, uma redução de 73% na pegada pode ocorrer quando o cenário 3 é praticado.

Considerações finais

Estudos apresentando a pegada hídrica de alimentos serão cada vez mais requisitados, seja por consumidores preocupados com a consequência do uso ineficiente da água, seja por governos interessados em melhorar o acesso a esse recurso, seja por produtores que almejam a certificação ambiental de seus produtos ou redução nos custos associados ao uso da água. Entretanto, é importante atentar para o conceito de pegada hídrica que afeta diretamente a abrangência desses estudos.

O debate científico e governamental atual mostra a importância de se considerar todos os processos relacionados ao ciclo de vida de um produto em estudos de pegada hídrica. Também é ressaltada a necessidade de se considerar o consumo e a degradação de qualidade das águas nesses estudos, informando os diversos impactos ambientais associados à cadeia de causa e efeito do uso da água.

Muitos métodos de AICV estão disponíveis para diversas categorias de impacto relacionadas ao uso da água, podendo ser utilizados conjuntamente em estudos de pegada hídrica. A escolha dos métodos deve observar o objetivo que se almeja atingir: comparar produtos e processos produtivos alternativos



para a geração de um produto ou identificar ineficiências com possibilidades de melhorias.

Para estudos voltados à identificação de oportunidades de melhorias, métodos de avaliação intermediários podem ser mais simples de utilizar, com resultados mais fáceis de interpretar. Métodos de avaliação de impactos finais que afetam a saúde humana e a qualidade dos ecossistemas costumam gerar maiores incertezas nos resultados, devido à maior complexidade dos modelos adotados, embora muitos métodos disponibilizem fatores de caracterização em nível de bacia hidrográfica para todo o mundo. Entretanto, seja qual for a abordagem metodológica escolhida, deve-se claramente apresentar o objetivo, escopo e aspectos da cadeia de causa e efeito ambiental contemplados.

Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. (Estudio FAO riego y drenaje 56).

BAYART, J. B.; LOUISE, C.; DESCHÊNES, L.; MARGNI, M.; PFISTER, S.; VINCE, F.; KOEHLER, A. A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 15, p. 439-453, 2010.

BOULAY, A. M.; BOUCHARD, B.; BULLE, C.; DESCHÊNES, L.; MARGNI, M. Categorizing water for LCA inventory. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, p. 639-651, 2011a.

BOULAY, A. M.; BULLE, C.; BAYART, J. P.; DESCHÊNES, L.; MARGNI, M. Regional Characterization of freshwater use in LCA: modeling direct impacts on human health. **Environmental Science & Technology**, v. 45, p. 8948-8957, 2011b.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. **Water footprint of nations**. Delft: UNESCO, 2004. (Research report series, n. 16).

DE BOER, I. J. M.; HOVING, I. E.; VELLINGA, T. V.; VAN DE VEN, G. W. J.; LEFFELAAR, P. A.; GERBER, P. J. Assessing environmental impacts associated with freshwater consumption along the life cycle of animal products: the case of Dutch milk production in Noord-Brabant. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n.1, p. 193-203, 2013.

DELOITTE. **Collective responses to rising water challenges**. Londres: Carbon Disclosure Project, 2012.

ENVIRONMENT MANAGEMENT GROUP. **Global drylands: a UN system-wide response**. Genebra: United Nations, 2011. Disponível em: <<http://www.unccd.int/Lists/>



SiteDocumentLibrary/Publications/Global_Drylands_Full_Report.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2012.

FAO. **Climate information tool**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/climateinfotool/index.stm>>. Acesso em: 21 dez. 2012.

FAO. **Global agriculture towards 2050**. Rome: FAO, 2009.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; DE BOER, I. J. M.; KROEZE, C.; BARROS, V. S.; SOUSA, J. A.; ARAGÃO, F. A. S.; GONDIM, R. S.; POTTING, J. Reducing the impact of irrigated crops on freshwater availability: the case of Brazilian yellow melons. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, p. 437-448, 2014.

FRISCHKNECHT, R.; STEINER, R.; BRAUNSCHWEIG, A.; EGLI, N.; HILDESHEIMER, G. **Swiss ecological scarcity method**: the new version 2006. Suíça: Swiss Federal Office for the Environment, 2006.

GONDIM, R. S.; REGO, J. L.; TEIXEIRA, A. S.; BARBOSA F. C.; PEREIRA, P. M.; COSTA, C. A. C. **Guia para Estimativa de Demanda Hídrica para Outorga e Uso da Água de Irrigação no Baixo Jaguaribe**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. (Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos 94).

HANAFIAH, M.; XENOPOULOS, M.; PFISTER, S.; LEUVEN, R. S.; HUIJBREGTS, M. Characterization factors for water consumption and green-house gas emissions based on freshwater fish species extinction. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 12, p.5272-5278, 2011.

HOEKSTRA, A. Y. Virtual water trade. In: INTERNATIONAL EXPERT MEETING ON VIRTUAL WATER TRADE. **Proceedings...** Delft: IHE, 2003. (Research Report Series No. 12).

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard**. Londres: Earthscan, 2011.

INTERNATIONAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Geneva, 2006. Disponível em: http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf>. Acesso em: 22 set. 2012.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN); WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Water for business**: initiatives guiding sustainable water management in the private sector. Genebra, 2011.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14046** - environmental management – water footprint – principles, requirements and guidelines. Genebra, 2014. Disponível em: <<http://www.bsigroup.com/en-GB/ISO-14046-Water-footprint-Principles-requirements-and-guidelines/>>. Acesso em: 22 set. 2015.

JEFFERIES, D.; MUÑOZ, I.; HODGES, J.; KING, V.J.; ALDAYA, M.; ERCIN, A. E.; MILÀ I CANALS, L.; HOEKSTRA, A. Y. Water footprint and life cycle assessment as approaches to assess potential



impacts of products on water consumption: key learning points from pilot studies on tea and margarine. **Journal of Cleaner Production**, v. 33, p. 155-166, 2012.

JOINT RESEARCH CENTRE; INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) **Handbook**: recommendations for life cycle impact assessment in the European context. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2011.

KOUNINA, A.; MARGNI, M.; BAYART, J. B.; BOULAY, A. M.; BERGER, M.; BULLE, C.; FRISCHKNECHT, R.; KOEHLER, A.; MILÀ I CANALS, L.; MOTOSHITA, M.; NÚÑEZ, M.; PETERS, G.; PFISTER, S.; RIDOUTT, B.; ZELM, R.; VERONES, F.; HUMBERT, S. Review of methods addressing freshwater use in life cycle inventory and impact assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, p. 707-721, 2013.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A Global assessment of the water footprint of farm animal products. **Ecosystems**, v. 15, p. 401-415, 2012.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A.Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, p. 1577-1600, 2011.

MILÀ I CANALS, L.; CHENOWETH, J.; CHAPAGAIN, A.; ORR, S.; ANTÓN, A.; CLIFT, R. Assessing freshwater use impacts in LCA: part I – inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 1, p. 28-42, 2009.

MOTOSHITA, M.; ITSUBO, N.; INABA, A. Development of impact factors on damage to health by infectious diseases caused by domestic water scarcity. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, p.65-73, 2011.

PAGE, G.; RIDOUTT, B.; BELLOTTI, B. Fresh tomato production for the Sydney market: An evaluation of options to reduce freshwater scarcity from agricultural water use. **Agricultural Water Management**, v. 100, p. 18-24, 2011.

PERRY, C. Water footprints: path to enlightenment, or false trail? **Agricultural Water Management**, v. 134, p. 119-125, 2014.

PFISTER, S.; BAUMANN, J. Monthly characterization factors for water consumption and application to temporally explicit cereals inventory. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LCA IN THE AGRI-FOOD SECTOR, 8., Rennes, France, 2012. **Proceedings...** Saint-Malo: National Institute for Agricultural Research, 2012.

PFISTER, S.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. Assessing the environmental impact of freshwater consumption in LCA. **Environmental Science & Technology**, v. 43, p. 4098-4104, 2009.

PFISTER, S.; BAYER, P.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. Environmental impacts of water use in global crop production: hotspots and trade-offs with land use. **Environmental Science & Technology**, v. 45, p. 5761-5768, 2011.



RAIMBAULT, M.; HUMBERT, S. **ISO considers potential standard on water footprint**. 2011. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/isofocusplus_bonus_water-footprint>. Acesso em: 13 fev. 2012.

RIDOUTT, B. G.; PFISTER, S. A new water footprint calculation method integrating consumptive and degradative water use into a single stand-alone weighted indicator. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 1, jan. 2012.

RIDOUTT, B. G.; PFISTER, S. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. **Global Environmental Change**, v. 20, p. 113-120, 2010.

STOESSEL, F.; JURASKE, R.; PFISTER, S.; HELLWEG, S. Life cycle inventory and carbon and water footprint of fruits and vegetables: application to a swiss retailer. **Environmental Science & Technology**, v. 46, p. 3253-3262, 2012.

TURRAL, H.; BURKE, J.; FAURÈS, J. M. **Climate change, water and food security**. Roma: FAO, 2011. (FAO. Water reports, 36).

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Measuring water use in a green economy**. Paris: International Resource Panel Working Group on Water Efficiency, 2012.

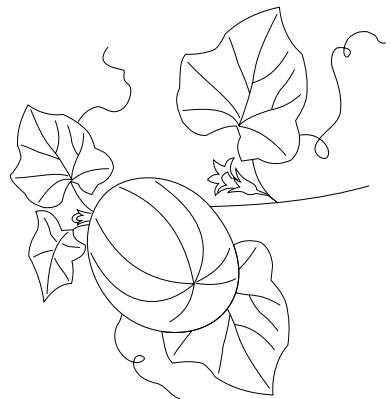
VAN ZELM, R.; SCHIPPER, A. M.; ROMBOUTS, M.; SNEPVANGERS, J.; HUIJBREGTS, M. A. J. Implementing groundwater extraction in life cycle impact assessment: characterization factors based on plant species richness for the Netherlands. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 629-635, 2011.

WATER FOOTPRINT NETWORK. **Product gallery**. Disponível em: <<http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

WEIDEMA, B. P.; BAUER, C.; HISCHIER, R.; MUTEL, C.; NEMECEK, T.; REINHARD, J.; VADENBO, C. O.; WERNET, G. **Overview and methodology: data quality guideline for the ecoinvent database version 3**. St. Gallen: The Ecoinvent Centre, 2013. (Ecoinvent Report. n. 1, v3). Disponível em: <http://www.ecoinvent.org/files/dataqualityguideline_ecoinvent_3_20130506.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2015.

WULCA. Working Group on Water Use in LCA. **The AWARE method**. 2014. Disponível em: <<http://www.wulca-waterlca.org/project.html>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

Estratégias para redução da pegada ambiental do melão



Capítulo • 1

Estratégias para uma agricultura de baixa emissão de carbono no cultivo de meloeiro

*Vanderlise Giongo
Rubens Sonsol Gondim
Alessandra Monteiro Salviano
Antônio Pereira Filho
Fabiane Machado Vezzani*

Introdução

O termo “agricultura”, declinação do latim *ager* (terreno cultivado), define, no seu sentido mais amplo e complexo, a arte de cultivar a terra (MAZOYER; ROUDART, 1998). Também se pode descrever agricultura como o conjunto de trabalhos que transformam o ambiente para a produção de vegetais e de animais úteis ao homem, no que se refere ao abastecimento de alimentos, fibras, madeira e matérias-primas para medicamentos (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Assim, da coevolução homem-ambiente, a agricultura evoluiu e, atualmente, apresenta funções e desafios que estão em constante debate, como os relacionados às mudanças climáticas globais, destacados neste capítulo. O destaque aqui se deve à relação das práticas agrícolas com as emissões de gases de efeito estufa (GEE), como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), que interferem diretamente nas mudanças climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007).

A concepção e a implementação de estratégias eficazes de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas assumem grande importância para o desenvolvimento sustentável do setor agropecuário. Nesse sentido, a comunidade científica vem gerando processos e tecnologias para que esse fim possa ser alcançado.

Esse conjunto de tecnologias tem recebido o nome de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, a qual é definida por uma agricultura que adota ações, tecnologias e processos que promovem baixa emissão de CO_2 , CH_4 e



N₂O e, adicionalmente, aumenta a fixação atmosférica de CO₂ na vegetação e no solo (NORSE, 2012). Embora o termo Agricultura de Baixa Emissão de Carbono seja relativamente recente, ele tem como base preceitos da agricultura conservacionista, que, por sua vez, se fundamenta na utilização sistêmica de tecnologias desenvolvidas com o objetivo de preservar, manter, restaurar ou, até mesmo, recuperar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, incluindo o uso racional de insumos externos (DENARDIN et al., 2012).

Nesse sentido, o entendimento conceitual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, traduzida em processos e tecnologias aplicadas, é importante para que os agricultores possam implantar sistemas de produção sustentáveis. Assim, o aumento dos estoques de carbono no solo, condicionado ao retorno de maiores quantidades de resíduos vegetais e ao mínimo distúrbio do mesmo, bem como a inclusão de leguminosas para reduzir a utilização de fertilizantes sintéticos, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), são estratégias de mitigação às mudanças climáticas globais, que visam também manter e/ou aumentar os níveis de produção visando contribuir para a sustentabilidade.

Este capítulo trata sobre tecnologias para uma agricultura de baixo carbono, no cultivo do melão. Serão abordadas a importância da matéria orgânica do solo e práticas agrícolas que favorecem a manutenção e/ou incremento do seu teor, o que interfere positivamente na mitigação de emissões de GEE.

A mudança do uso da terra e o cultivo do melão (*Cucumis melo* L.) no Semiárido nordestino

A agricultura e a pecuária são atividades de grande relevância na economia do Semiárido nordestino, caracterizado principalmente pelo Bioma Caatinga. Essa região possui 1,6 milhão de estabelecimentos agropecuários, 95% classificados como agricultura familiar.

No Semiárido, a mudança de uso da terra, a partir da delimitação das áreas, é responsável pela retirada de 46% da vegetação da Caatinga (BRASIL, 2010). Essa alteração interfere nos estoques de carbono da vegetação e do solo, que são naturalmente baixos. Adicionalmente, podem promover a degradação biológica, física e química do solo, reduzindo a qualidade, devido à estreita dependência das propriedades do solo com a vegetação (VEZZANI; MILENICZUK, 2011). Como



consequência, ocorre o impacto negativo no sistema de produção, evidenciando a necessidade de implantação de sistemas integrados de produção sustentáveis. Os sistemas integrados de produção caracterizam-se por produzirem mais de um componente na mesma área e, de preferência, ao mesmo tempo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

O sistema de produção do meloeiro no Nordeste brasileiro é irrigado e preconiza o preparo excessivo do solo, por meio de arações e gradagens. Essas práticas promovem a desestruturação do solo, ou seja, perda das suas propriedades físicas, que, aliadas à ausência de resíduos vegetais, reduzem também suas propriedades biológicas e químicas. Essa situação contribui para a emissão de GEE pela perda da matéria orgânica do solo (RAMOS et al., 2010) e de nutrientes, além de favorecer os processos erosivos e os de salinização e/ou sodificação, ocasionando prejuízo ao desenvolvimento da cultura e a degradação severa da área produtora.

A importância da matéria orgânica do solo no cultivo do meloeiro

A matéria orgânica do solo (MOS) é o atributo mais frequentemente relacionado como indicador de qualidade, porque é o componente determinante das propriedades biológicas, físicas e químicas, que capacitam o solo a exercer suas funções no ecossistema (AZIZ et al., 2013; BAYER et al., 2006; MELERO et al., 2009; REEVES, 1997). Além disso, a MOS representa o maior reservatório de carbono orgânico (CO) no ambiente terrestre e, no contexto das previsões sobre mudanças climáticas, a compreensão da sua dinâmica recebe ênfase cada vez maior (BILLINGS et al., 2010; CARR et al., 2013).

A dinâmica da MOS é resultado dos processos de adição e perda de CO do sistema solo-planta. A quantidade de CO adicionado ao solo depende das espécies e sistemas de cultivos utilizados, enquanto as perdas de carbono ocorrem pela liberação de CO₂, como subproduto da decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica do solo, além da saída de CO por erosão e lixiviação, as quais são potencializadas pelo revolvimento do solo. As taxas de decomposição da MOS são especialmente afetadas pelo distúrbio físico causado pelo preparo do solo, o qual rompe os macroagregados e expõe o CO contido no seu interior, facilitando o seu consumo pela comunidade microbiana. Em regiões tropicais úmidas, a decomposição da MOS pode ser intensificada, devido à temperatura



e às precipitações elevadas. A magnitude desses processos depende direta ou indiretamente do manejo do solo (MIELNICZUK, 2008).

No Semiárido, o manejo inadequado dos sistemas, junto com a baixa produção de matéria vegetal, contribui para reduzir mais ainda os estoques de carbono e nitrogênio do solo (SACRAMENTO, 2013), que são naturalmente baixos (CRISÓSTOMO et al., 2002). Nesse sentido, o sistema de cultivo do meloeiro no Semiárido brasileiro, quando utiliza o revolvimento excessivo do solo, associado à baixa adição de resíduos orgânicos, pode reduzir os teores de matéria orgânica. A prática de irrigação da cultura do melão pode se somar a essa condição, acelerando o processo de decomposição da MOS.

O estoque de carbono de agroecossistemas irrigados por pivô central e não irrigados, em clima semiárido nos Estados Unidos (Nebraska e Colorado) foi estudado por Deneff et al. (2008) em diferentes profundidades do solo. Os autores encontraram maiores estoques de carbono na camada de 0-20 cm, nos solos dos agroecossistemas irrigados, quando comparados com cultivo de sequeiro. Porém, consideraram as diferenças de carbono orgânico total (COT) pequenas, em relação ao carbono gerado pelas altas produtividades das áreas irrigadas. Nos sistemas irrigados, houve maior adição de resíduos de plantas, mas a taxa de decomposição dos resíduos também foi maior, resultando em pequeno incremento na MOS, quando comparado aos sistemas de sequeiro.

A redução do CO no solo, em áreas irrigadas, também foi constatada no Rio Grande do Sul (BONA et al., 2006). Nesse estudo, quando se realizou a incorporação, em plantio convencional, de restos culturais da sucessão aveia-preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca (*Vicia sativa*), no inverno, e milho (*Zea mays*) no verão, não houve aumento no estoque de MOS. Por outro lado, em plantio direto, a adição de resíduos vegetais na superfície contribuiu para o acúmulo de CO nas camadas superficiais do solo. Os autores concluíram que a adição de resíduos vegetais, em áreas irrigadas, é contrabalançado pelo aumento das taxas de decomposição da MOS, havendo necessidade de maior aporte de matéria vegetal, do que em áreas não irrigadas. Os autores ainda ressaltaram que o preparo de solo convencional e a irrigação reduzem, significativamente, o estoque de carbono, em comparação com plantio direto não irrigado.

Corroborando com os resultados apresentados, Canqui et al. (2009) advertem que as condições climáticas de uma ecorregião particular afetam a taxa de decomposição dos resíduos e seu acúmulo na forma de CO no solo. Sendo assim, regiões com temperaturas elevadas, especialmente acima de 20 °C, como



é o caso do meloeiro no Semiárido brasileiro, requerem maiores quantidades de resíduos agrícolas retornados aos solos, para manutenção ou elevação dos níveis de MOS.

Lopes et al. (2012), comparando os teores de matéria orgânica de uma área sob Caatinga com áreas sob cultivo do melão, durante 3, 5 e 10 anos, em um Cambissolo Háplico Eutrófico, no Município de Quixeré, Ceará, verificaram que a matéria orgânica aumentou a partir do quinto ano de cultivo. Na área sob cultivo, foram realizadas arações, subsolagens e gradagens seguindo-se o mesmo preparo do solo, para todos os anos de cultivo. Entretanto, no período de entressafra, foram cultivados milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e mucuna (*Mucuna pruriens* L.), em rotação de culturas e para incorporação de massa verde. Assim, os autores atribuíram o incremento do teor da matéria orgânica: "...ao uso adequado do manejo, acúmulo de resíduos vegetais durante os anos de pousio, o tempo de cultivo e rotação de culturas, como milho, sorgo e mucuna, como, também, a incorporação desta ao solo, proporcionando o que se chama de acréscimo significativo de MO em profundidade".

Em cultivo de bananeira irrigada por microaspersão, em condições tropicais, na região de Paraipaba, Ceará, com adição de diferentes níveis de matéria vegetal, proveniente dos restos da cultura, após a colheita dos cachos, Gondim et al. (2012) não detectaram efeito dos tratamentos sobre a variação no estoque de CO do solo, aos 12, 24 e 31 meses após o plantio de banana. Inclusive, na profundidade entre 0 cm e 10 cm, foram observadas perdas médias significativas no estoque de CO no solo, após 2 anos de cultivo, em relação ao estoque de carbono do estado inicial. Provavelmente, isso ocorreu devido ao fato de a quantidade de resíduo ser insuficiente para compensar as reduções nos estoques decorrentes da degradação, favorecida pelas condições de umidade no solo irrigado e altas temperaturas do ambiente do experimento.

Solos sob vegetação remanescente, o que normalmente caracteriza uma condição estável com os fatores do meio, contém teores de MOS que se mantêm, ao longo do tempo. Isso porque se pressupõe que a adição de CO, via resíduos vegetais, e a sua conversão em MOS, tem a mesma magnitude das perdas por mineralização (SANCHEZ, 1976). Porém, à medida que ocorre a mudança do uso da terra, as taxas de acúmulo ou redução de MOS modificam o equilíbrio entre adição e perda de CO (OLSON, 2013) e podem variar de acordo com as características de cada tipo de solo, dos sistemas de cultivo, das culturas utilizadas e das condições climáticas, como visto nos trabalhos descritos.



Os baixos teores de MOS, as elevadas temperaturas e a intensidade de insolação, característicos do Semiárido, associados à alta disponibilidade de água, nos sistemas de cultivo de meloeiro irrigado, podem potencializar os processos biológicos de consumo do CO e de emissão dos gases de efeito estufa (GEE), implicando na redução da MOS e nos estoques de carbono e nitrogênio no solo. Por outro lado, o aumento nos estoques de carbono e nitrogênio no solo, por meio de práticas agrícolas que aumentem a adição de resíduos vegetais (LOPES et al., 2012) e reduzam a perturbação do solo, utilizando práticas que sincronizem a disponibilidade de nutrientes dos resíduos orgânicos com a época de maior necessidade nutricional da cultura, tendem a aumentar os teores de MOS e afetar positivamente os diferentes reservatórios de carbono e nitrogênio do solo (CORBEELS et al., 2006; SAINJU et al., 2008). Resultam dessas práticas: rendimentos superiores, a redução das emissões de GEE e, conseqüentemente, o desenvolvimento sustentável da atividade agrícola.

A entrada de carbono no ambiente semiárido, via fotossíntese, depende primordialmente do tipo de cultura e de cobertura e manejo do solo, os quais influenciam diretamente na quantidade de resíduos orgânicos adicionados e na velocidade da atividade microbiana no solo. Nesse sentido, o sistema plantio direto, adubação verde e biocarvão podem ser tecnologias para aumentar os teores de matéria orgânica do solo.

Práticas agrícolas para uma agricultura de baixo carbono no cultivo do melão

Práticas agrícolas que favorecem o aumento da produção de matéria vegetal e a redução da perda de carbono orgânico do solo aumentam o sequestro de carbono no solo, diminuem o volume de CO₂ na atmosfera e reduzem as emissões de GEE. A seguir, apresentamos práticas agrícolas para o sistema de cultivo do meloeiro que atendem a esse fim.

Sistema plantio direto (SPD)

No Brasil, esse sistema de plantio surgiu em meados dos anos 1980, na busca por reduzir as atividades de preparo do solo, isto é, menor revolvimento pelo uso de máquinas. Posteriormente, identificou-se uma percepção de que a viabilidade do “plantio direto”, de modo contínuo e ininterrupto, nas regiões subtropical e tropical, requeria um conjunto de tecnologias ou de preceitos



da agricultura conservacionista, mais amplo do que simplesmente a redução ou supressão da mobilização do solo e a manutenção dos resíduos culturais na superfície. O SPD necessitava ser entendido e praticado como “sistema de manejo” e não como simples prática ou método alternativo de preparo reduzido do solo.

O número de trabalhos científicos, contemplando estudos com sistema plantio direto de meloeiro, no Semiárido brasileiro, ainda é muito pequeno. Entre eles, destaca-se o trabalho realizado por Teofilo et al. (2012), com Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, no Município de Mossoró, RN. Nesse estudo, os autores verificaram que o sistema de plantio direto diminuiu a densidade populacional e a massa seca acumulada pelas plantas daninhas em 86,7% e 61%, respectivamente, em relação ao plantio convencional, reduzindo a produtividade comercial em 100% no plantio convencional e 36,5% no direto. Nesse contexto, o desenvolvimento de modelos de produção para o sistema produtivo do meloeiro, em áreas irrigadas do Semiárido, contemplando os preceitos do SPD, apresenta desafios peculiares à região, tanto em relação ao clima quanto ao sistema solo-planta, que precisam ser contemplados em estudos.

A produção e a manutenção de resíduos culturais sobre a superfície do solo constituem o principal gargalo para o sucesso do SPD no cultivo do meloeiro no Semiárido brasileiro, em função das altas temperaturas, aliadas à umidade proporcionada pelo grande volume de chuvas no verão e/ou água de irrigação, que aceleram a decomposição dos resíduos (ALVARENGA et al., 2001). A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo (FLOSS, 2000). Assim, a elevada taxa de decomposição dos resíduos é benéfica no sentido de disponibilização rápida de nutrientes para a próxima cultura. Por outro lado, a ausência de cultivo subsequente pode acarretar em perdas de nutrientes disponibilizados, além de eliminar a proteção física da superfície do solo pela cultura de cobertura.

Em um experimento de longa duração no clima semiárido do Brasil, Pereira Filho et al. (2014) avaliaram a taxa de decomposição (Tabela 1) e as porcentagens remanescentes de matéria seca (PRMS) (Figura 1) da parte aérea de coquetéis vegetais e da vegetação espontânea, utilizados como adubos verdes, mantida na superfície ou incorporada ao solo. Nos tratamentos sem revolvimento do solo e incorporação dos resíduos vegetais, 50% da matéria



seca inicial foi decomposta entre 173 e 231 dias, aproximadamente 6 meses, sendo ainda mais rápida nos tratamentos com revolvimento, onde 50% da matéria vegetal seca foi decomposta entre 99 a 139 dias (Tabela 1). Após essa fase inicial rápida, ocorreu uma decomposição mais lenta, cuja estimativa para que 95% da matéria seca fosse decomposta variou entre 750 a 1.000 dias, para os tratamentos não revolvidos, e de 429 a 600 dias, para os tratamentos com revolvimento. Considerando o mesmo tipo de manejo, não houve diferença entre os dois coquetéis testados (75% plantas leguminosas + 25% plantas não leguminosas e 25% plantas leguminosas + 75% plantas não leguminosas), quanto à cinética de decomposição da matéria seca.

Tabela 1. Produção e valores estimados da taxa de decomposição (k) dos coquetéis vegetais utilizados pelo modelo exponencial de primeira ordem e tempo necessário para decomposição de 50% e 95% do material depositado (dias) em clima semiárido. Petrolina, PE, 2014.

Tratamento	k (dia ⁻¹)	t_{50}	t_{95}	R^2
T1 – 75% L 25% NL – sem revolvimento	0,004	173	750	0,974
T2 – 25% L 75%NL – sem revolvimento	0,004	173	750	0,936
T3 – Vegetação espontânea – sem revolvimento	0,003	231	1.000	0,957
T4 – 75% L 25% NL – com revolvimento	0,005	139	600	0,858
T5 – 25% L 75%NL – com revolvimento	0,006	116	500	0,877
T6 – Vegetação espontânea – com revolvimento	0,007	99	429	0,967

L: plantas de espécies leguminosas; NL: plantas de espécies não leguminosas.

Fonte: Pereira Filho et al. (2014).

O revolvimento do solo promoveu o aumento da taxa de decomposição dos resíduos vegetais, principalmente da vegetação espontânea (Tabela 1). Por isso, o tipo de manejo de solo determinou a taxa de decomposição tanto dos coquetéis vegetais quanto da vegetação espontânea. Com o revolvimento do solo, o tempo necessário para a decomposição de 50% da vegetação espontânea diminuiu em 57%, em relação ao sem revolvimento, enquanto, para os coquetéis vegetais, essa diminuição variou de 20% a 33%. Nesse sentido, Pereira Filho et al. (2014) demonstram que as porcentagens remanescentes de matéria seca dos coquetéis vegetais e da vegetação espontânea, após a deposição no solo, foram menores quando os resíduos vegetais foram incorporados ao solo (Figura 1).

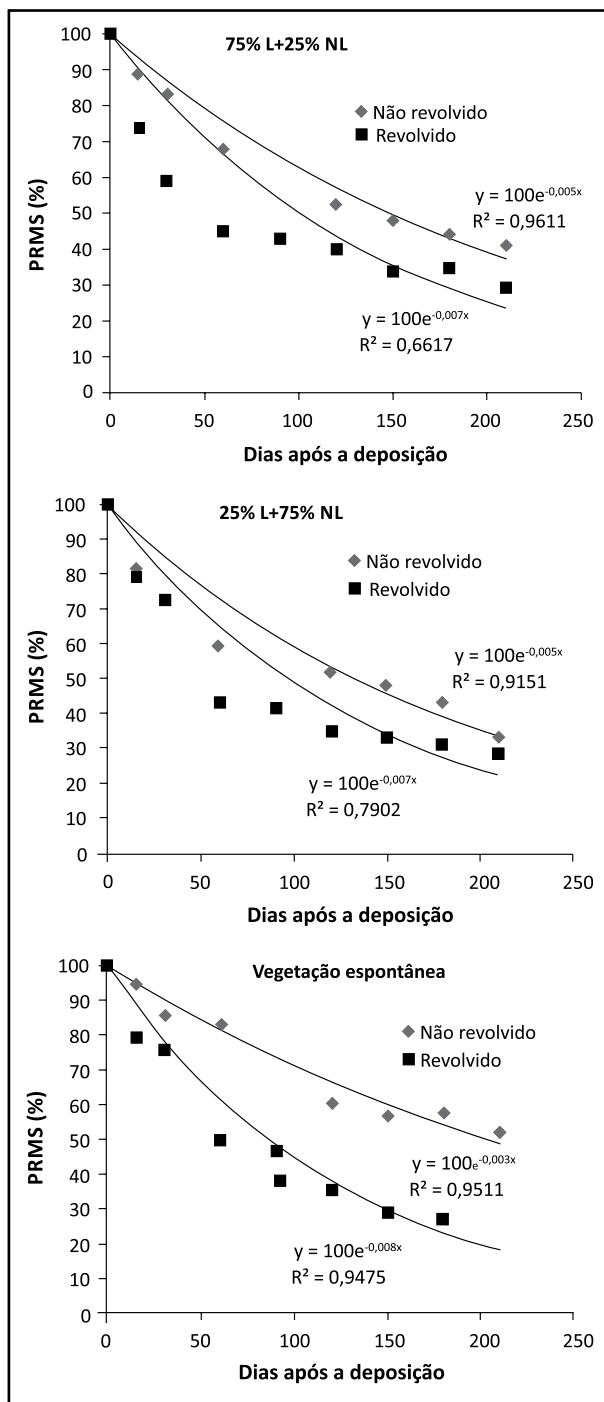


Figura 1. Percentagem remanescente de matéria seca dos coquetéis vegetais e da vegetação espontânea com ou sem revolvimento do solo em clima Semiárido. Petrolina, PE, 2014.

Fonte: Pereira Filho et al. (2014).



O sistema plantio direto pode aumentar os teores de MOS, mas, segundo Denardin et al. (2012), inicialmente deve ser considerada uma forma de gestão da terra, fundamentada na diversificação de espécies, mobilizando o solo apenas na linha ou cova de semeadura, com a manutenção permanente da cobertura do solo e na minimização do intervalo entre colheita e semeadura, objetivando estabelecer o processo contínuo de colher e semear. Nesse sentido, Conceição et al. (2013) enfatizam que o acúmulo de CO₂ em solos subtropicais e tropicais, depende do estabelecimento de sistemas de cultivo e culturas de cobertura, em vez de simples conversão de sistema convencional de plantio para o sistema plantio direto.

A adoção do SPD prevê pré-requisitos especiais, tais como a possibilidade de implementar um sistema de rotação e diversificação de cultivos que permita a cobertura permanente do solo (ZOTARELLI et al., 2012). Por isso, grande número de estudos desenvolvidos no Brasil ressalta a importância não só ao sistema de manejo de solo, mas também aos aspectos quantitativos e qualitativos de adubos verdes e plantas de cobertura (XAVIER et al., 2013).

As interações organo-minerais são mais importantes no acúmulo de MOS do que a oclusão no interior de agregados, conforme demonstraram Conceição et al. (2013). No Semiárido brasileiro, a fração areia predomina na maior parte dos solos (FRAGA; SALCEDO, 2004; MAIA et al., 2007). Assim, tanto a interação organo-mineral quanto a proteção física são limitadas, e a MOS depende de um equilíbrio frágil e contínuo entre as taxas de adição e de decomposição, que ocorrem naturalmente nesses ambientes. No caso, a adição de CO₂ ao sistema é sazonal, e a decomposição é lenta pela falta de umidade. Porém, uma vez rompido o equilíbrio natural entre a adição e decomposição, por meio dos cultivos e dos sistemas de irrigação, há necessidade de desenvolver sistemas de manejo de solo e de culturas que permitam o equilíbrio entre taxas de adição e de decomposição que, no mínimo, mantenham os teores de carbono semelhantes aos encontrados nos solos da Caatinga.

Por isso, sistemas com maior grau de complexidade, ou seja, diversidade – uso de várias espécies vegetais, tanto para sistemas de produção irrigados quanto para os dependentes de chuva, podem ser uma estratégia importante para promover uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, incluindo a gestão eficiente do recurso água e mitigação do processo de salinização e das pegadas de carbono e hídrica. Nesse sentido, a seguir, apresentamos a prática de adubação verde, que complementa a prática de não revolvimento do solo, no SPD.



Adubação verde

A adubação verde é o cultivo de espécies vegetais com a finalidade de proteger a camada superficial do solo, bem como manter e melhorar as propriedades biológicas, físicas e químicas, ao longo do seu perfil. Os adubos verdes podem ser cultivados em sucessão, rotação ou em consórcio, com culturas de interesse econômico (CALEGARI et al., 1993; ROSSI; CARLOS, 2014) e complementam a prática de plantio direto, que, juntos – não revolvimento e adição de matéria vegetal diversificada – caracterizam o sistema plantio direto.

O cultivo de adubos verdes na forma de coquetéis vegetais, composto por 11 tipos de espécies (leguminosas e não leguminosas), em plantio de tomate cereja, proporcionou a produção de 45 t ha⁻¹ de matéria vegetal fresca, em Montes Claros, MG (GUILHERME et al., 2007). Essa produção elevada de resíduos incrementou o teor de MOS, em curto prazo.

Ao estudar cultivos solteiros e consorciados, Almeida e Camara (2011) observaram maior produtividade de matéria fresca no consórcio entre mucuna-preta e milho, com acréscimos de 29% e 18%, quando comparado ao cultivo solteiro dessas mesmas espécies, sendo que os cultivos consorciados com leguminosas acumularam quantidades superiores a 110 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Os mesmos autores destacaram que os cultivos solteiros acumularam as menores quantidades de nitrogênio.

A semeadura de adubos verdes na forma de coquetéis vegetais, ou seja, simultaneamente na mesma área, associada a diferentes tipos de preparo de solo, são alternativas que vêm sendo estudadas como componentes da sustentabilidade para o cultivo de meloeiro no Semiárido brasileiro. A finalidade dessa prática é aumentar a eficiência do uso da água, diminuir a erosão e a salinização, ciclar nutrientes, aumentar os estoques de carbono e nitrogênio no solo e, consequentemente, aumentar a sua qualidade em termos dos atributos biológicos, físicos e químicos.

O coquetel vegetal consiste na semeadura de uma mistura de sementes de várias espécies e famílias, incluindo leguminosas, gramíneas, oleaginosas, entre outras, com o objetivo de adicionar carbono e nitrogênio no sistema solo. As seguintes espécies, em diferentes proporções, apresentaram um bom desenvolvimento no Semiárido brasileiro. Leguminosas: calopogônio (*Calopogonium mucunoide*), crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), mucuna-preta (*Mucuna aterrina*), mucuna-cinza



(*Mucuna conchinchinensis*); não leguminosas: gergelim (*Sesamum indicum* L.), girassol (*Chrysanthemum peruvianum*), mamona (*Ricinus communis* L.), milheto (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). Quando cultivadas simultaneamente, segundo Giongo et al. (2014), adicionaram maiores quantidades de carbono e nitrogênio ao solo, quando comparadas à vegetação espontânea (Tabela 2).

O capítulo “Sistemas conservacionistas de produção de melão em campo aberto utilizando coquetéis vegetais” detalha esse e outros estudos conduzidos com sistema de cultivo de melão, em rotação com adubos verdes, no Submédio São Francisco.

Tabela 2. Produção de matéria vegetal seca, teores de carbono e de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais e da vegetação espontânea em Vertissolo, após 70 dias de cultivo em clima semiárido. Petrolina, Embrapa Semiárido, 2013.

Adubação verde	Fitomassa seca (Mg ha ⁻¹)	C ----- (kg ha ⁻¹) -----	N
75% L + 25% NL	8,84b	3.398a	121b
25% L + 75% NL	11,59a	4.357a	203a
Vegetação espontânea	3,04c	1.176c	49c
DMS	0,96	410	50
CV (%)	7,72	8,7	25,51

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. L: plantas de espécies leguminosas; NL: plantas de espécies não leguminosas.

Fonte: Giongo et al. (2014).

É importante ressaltar que sistemas de manejo que aumentam a adição de resíduos vegetais, aliados ao não revolvimento do solo (ex.: adubos verdes em plantio direto), atuam na retenção de carbono no solo e constituem alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ atmosférico, mitigando o aquecimento global (BAYER et al., 2006).

Biocarvão

O biocarvão, também conhecido como carbono pirogênico, biochar, carvão pirogênico ou terra preta de índio, é produzido quando lenha vegetal ou outros materiais orgânicos são aquecidos, sob suprimento limitado de oxigênio, ocasionando uma combustão incompleta do material orgânico. Sua



constituição química gera propriedades reativas com alta capacidade para reter carbono orgânico e nutrientes no sistema, além de atuar na retenção de água no solo (CARMO et al., 2010). Assim, o uso de biocarvão no cultivo de melão, no Semiárido brasileiro, apresenta-se como um caminho promissor para a fixação de carbono no solo e todos os benefícios que decorrem desse aumento na MOS.

Pesquisas vêm demonstrando que o biocarvão é o responsável pela manutenção de elevados níveis de matéria orgânica em solos antropogênicos da Bacia Amazônica, chamados de Terra Preta do Índio, que caracteriza os assentamentos indígenas pré-colombianos (GLASSER et al., 2002). Os autores demonstraram melhorias na capacidade de retenção de água e agregação das partículas do solo. Esses efeitos podem fortalecer a disponibilidade hídrica para a cultura do melão e reduzir riscos de erosão. Houve, também, a redução da densidade global refletida pelo aumento da porosidade total e da taxa de infiltração de água, assim como redução de perdas de nutrientes por lixiviação, o que previne contaminação de lençóis freáticos. Esses autores relataram ainda que o biocarvão sofre mineralização muito lenta no solo, permitindo a formação de sumidouros de carbono e reduzindo a liberação de GEE na atmosfera, podendo colaborar para o aumento de sequestro de carbono no solo. Esses dados mostram ser relevante investigar o uso de biocarvão na produção de melão no Semiárido, que possui temperatura média semelhante à relatada pelos referidos autores.

Kellig et al. (2010), analisando o balanço de CO_2 envolvido desde o processo de fabricação de biocarvão até sua utilização, empregando a metodologia de avaliação de ciclo de vida, concluiu que o biocarvão reduz mais que emite GEE. Esses autores mostraram que o potencial de sequestro de carbono está entre 793 kg e 885 kg CO_2 equivalente por tonelada, enquanto ocorrem emissões de aproximadamente 36 kg CO_2 equivalente por tonelada.

Dessa forma, o biocarvão é recomendado para incrementar a fertilidade do solo, mitigar os efeitos das mudanças climáticas, por meio do aumento de sequestro de carbono no solo e redução das emissões de GEE (KARHU et al., 2011) e aumentar a capacidade de retenção e eficiência do uso de água (KAMMANN et al., 2011), elevando, assim, a tolerância de culturas à seca. Portanto, o uso do biocarvão pode também beneficiar o cultivo do meloeiro no Semiárido brasileiro, sendo importante investigar sua aplicação na produção de melão nessa região.



Considerações finais

Tecnologias adaptadas às condições edafoclimáticas para as condições do Semiárido, em ambiente irrigado, são fundamentais para implantar sistemas de cultivo de melão com baixa emissão de carbono. Nesse sentido, ressalta-se a importância de estabelecer sistemas de manejo que permitam que o solo cumpra as suas funções, tenha qualidade e contribua para a sustentabilidade dos sistemas produtivos irrigados de meloeiro.

A utilização de adubos verdes, na forma de coquetéis vegetais, onde espécies de plantas leguminosas, gramíneas e oleaginosas são semeadas simultaneamente, constitui prática importante para incluir ao sistema plantio direto do meloeiro, ainda podendo associar ao uso de biocarvão. Essas práticas agrícolas são estratégias tecnológicas potenciais para promover o uso eficiente da água, o aumento dos estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total em áreas cultivadas com meloeiro irrigado, no Semiárido brasileiro, mitigando as emissões de GEE, as quais merecem ser avaliadas experimentalmente.

Referências

- ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, p. 55-62, 2011.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- AZIZ, I.; MAHMOOD, T.; ISLAM, K. R. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 131, p. 28-35, 2013.
- BAYER, C.; LOVATO, T.; DIEKOW, J.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, p. 217-236, 2006.
- BILLINGS, S. A.; LICHTER, J.; ZIEGLER, S. E.; HUNGATE, B. A.; RICHTER, D. B. A call to investigate drivers of soil organic matter retention vs. mineralization in a high CO₂ world. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 42, p. 665-668, 2010.
- BONA, F. D. de; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 911-920, 2006.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**. Brasília, DF: Centro de Sensoriamento Remoto: IBAMA, 2010.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MUYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.

CANQUI, H. B.; LAL, R. Crop residue management and soil carbon dynamics. In: LAL, R.; FOLLET, R. F. (Ed.). **Soil carbon sequestration and the greenhouse effect**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 2009. p. 291-309.

CARMO, H. F. do; SILVA, M. A. S. da; MADARI, B. E. Biochar: efeitos nas propriedades químicas do solo sob feijoeiro no cerrado. In: SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS, 4., 2010, Santo Antônio de Goiás. **Resumos apresentados...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. p. 20. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 257).

CARR, A. S.; BOOM, A.; CHASE, B. M.; MEADOWS, M. E.; ROBERTS, Z. E.; BRITTON, M. N.; CUMMING, A. M. J. Biome-scale characterization and differentiation of semi-arid and arid zone soil organic matter composition using pyrolysis-GC/MS analysis. **Geoderma**, v. 200-201, p. 189-201, 2013.

CONCEIÇÃO, P. C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 129, n. 1, p. 40-47, 2013.

CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J. M.; SIQUEIRA NETO, M. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, Oxford, v. 12, n. 9, p. 1773-1787, 2006.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SANTI, A.; DENARDIN, N. D.; WIETHÖLTER, S. **Diretrizes do sistema plantio direto no contexto da agricultura conservacionista**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 15 p.

DENEFF, K.; STEWART, C. E.; BRENNER, J.; PAUSTIAN, K. Does long-term center pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 145, n. 1, p. 121-129, 2008.

FLOSS, E. L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v. 57, p. 25-29, 2000.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society America Journal**, v. 68, p. 215-224, 2004.

GIONGO, V.; BRANDÃO, S. S.; SANTANA, M. S.; COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; YURI, J. E.; PETRERE, C. **Sistema plantio direto de meloeiro com coquetéis vegetais em Vertissolo no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 117).



GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. A meliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 35, p. 219-230, 2002.

GONDIM, R. S.; CRISÓSTOMO, L. A.; MAIA, A. de H. N.; FIGUEIREDO, M. C. B. de; TANIGUCHI, C. A. K.; DUARTE, M. S.; GONDIM, T. de A. **Monitoramento do estoque de carbono no solo com aplicação de resíduos da bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 15 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 70).

GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; TELESFILHO, S. C.; CAVALCANTI, T. F. M.; MENEZES, J. B. C.; COELHO, D. A. P.; FERNANDES, S. G. M. Utilização de coquetel de plantas usadas na adubação verde na melhoria das condições físicas e químicas do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2. p. 1445-1448, out. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change (2007): synthesis report: contributions of working group I, II and III to the fourth Assessment Report**. Geneva, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf> Acesso em: 10 jun. 2013.

KAMMANN, C. I.; LINSE L. S.; GÖBLING, J. W.; KOYRO, H. W. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil plant relations. **Plant and Soil**, Hague, v. 345, n. 1/2, p. 195-210, 2011.

KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRÖM, I.; REGINA, K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – results from a short-term pilot field study. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 140, p. 309-313, 2011.

KELLING, R.; BRENTA, G.; STEPHEN, J.; NORMAN, R.; SCOTT, J.; LEHMAN, J. Life cycle assessment of biochar systems: estimating the energetic, economic, and climate change potential. **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 44, p. 827-833, 2010.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; MEDEIROS, J. F. A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 565-570, 2012.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semiarid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 71, p. 127-138, 2007.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

MELERO, S.; LÓPEZ-GARRIDO, R.; MURILLO, J. M.; MORENO, F. Conservation tillage: short- and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions. **Soil Tillage and Research**, Amsterdam, v. 104, p. 292-298, 2009.



MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-8.

NORSE, D. Low carbon agriculture: objectives and policy pathways. **Environment Development**, Chicago, v. 1, p. 25-29, 2012.

OLSON, K. R. Soil organic carbon storage, retention and loss in U.S. croplands: Issues paper for protocol development: review article. **Geoderma**, v. 195/196, p. 201 -206, 2013.

PEREIRA FILHO, A.; GRANJA, G. P.; TEIXEIRA FILHO, J.; GIONGO, V. Decomposição de adubos verdes no semiárido brasileiro. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20.; CONGRESO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16., 2014, Cusco. **Educar para preservar el suelo y conservar la vida en la Tierra**: [anais]. Cusco: SLCS: SPCS, 2014. Disponível em: <http://www.lamolina.edu.pe/Eventos/agronomia/2015/Latinoamericano_suelos/C4/C4-DECOMPOSICION%20DE%20ADUBOS%20VERDES%20-Pereira.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

RAMOS, M. E.; BENÍTEZ, E.; GARCÍA, P. A.; ROBLES, A. B. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: effects on soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 44, n. 1, p. 6-14, 2010.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 131-167, 1997.

ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 39-58.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. Soil carbono and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the Semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, p. 784-795, 2013.

SAINJU, U. M.; JABRO, J. D.; STEVENS, W. B. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 37, p. 98-106, 2008.

SANCHES, P. A. Soil organic matter. In: SANCHES, P. A. (Ed.). **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Wiley, 1976. Cap. 5, p. 162-183.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, D. F.; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. Q. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, p. 547-556, 2012.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. Curitiba: Edição dos autores, 2011. 104 p.



XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; RIBEIRO, K. A.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 165, p. 173-183, 2013.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a Green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v. 132, p. 185-195, 2012.

Capítulo • 2

Sistema conservacionista de cultivo de melão utilizando coquetéis vegetais no Submédio São Francisco

*Vanderlise Giongo
Mônica da Silva Santana
Sheila da Silva Brandão
Alessandra Monteiro Salviano
Nivaldo Duarte Costa
Jony Eische Yuri
Fabiane Machado Vezzani*

Introdução

Na cultura do meloeiro, a semeadura de espécies conhecidas como adubos verdes e o sistema de plantio direto são alternativas que vêm sendo estudadas como componentes da sustentabilidade do cultivo. Essas práticas de cultivo visam aumentar a eficiência do uso da água, diminuir a erosão e a salinização do solo, possibilitar a ciclagem de nutrientes, adicionar nitrogênio e aumentar o estoque de carbono armazenado no sistema e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do solo que se expressará nos seus atributos biológicos, físicos e químicos.

Este capítulo apresenta estudos que corroboram a importância da adubação verde no cultivo do meloeiro irrigado por favorecer a produção de melão, melhorar a ciclagem de nutrientes e manter e/ou incrementar o teor de matéria orgânica e carbono no solo.

Produção de matéria vegetal de coquetéis de adubo verde

O coquetel vegetal consiste na semeadura de uma mistura de sementes de várias espécies e famílias, por exemplo, leguminosas, gramíneas, oleaginosas, entre outras. O objetivo dessa prática é consorciar plantas com características distintas que se complementam, potencializando efeitos benéficos para o solo e para o cultivo subsequente. Desse modo, o conjunto de espécies e famílias



podem, além do benefício de promover a diversidade biológica, adicionar maiores quantidades de fitomassa ao solo e, consequentemente, sequestrar carbono, ciclar nutrientes, fixar biologicamente o nitrogênio e incrementar as propriedades biológicas, físicas e químicas no sistema solo.

Um exemplo bem consolidado e bastante utilizado é o consórcio entre leguminosas e gramíneas. As leguminosas destacam-se pelo fornecimento de nitrogênio, por meio da fixação biológica, permitindo a economia de fertilizantes nitrogenados, enquanto as gramíneas, geralmente, contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, caracterizadas pela alta relação C:N, o que aumenta o tempo de permanência da cobertura morta sobre o solo. Assim, o consórcio produz maior quantidade de fitomassa e apresenta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e balanço dos processos de imobilização/mineralização de nutrientes que podem favorecer as culturas subsequentes.

Para verificar os impactos da adubação verde, na forma de coquetéis vegetais (Figura 1) e do manejo do solo (com e sem revolvimento) sobre o sistema de produção de melão, foram realizados estudos em dois tipos de solo: Argissolo e Vertissolo, localizados no Vale do Submédio do São Francisco.



Fotos: Vanderlise Giongo

Figura 1. Cultivo de coquetéis vegetais em Argissolo, em clima semiárido, Petrolina, PE, Brasil.



O manejo com revolvimento do solo é aquele que incorpora a cobertura vegetal resultante do cultivo dos adubos verdes antes do plantio do melão. Por outro lado, o manejo sem revolvimento do solo é aquele que consiste na roçagem da parte aérea dos adubos verdes, por meio de roçadeiras portáteis, formando uma cobertura morta, antes do plantio do melão, em sistema plantio direto.

As espécies que integraram os coquetéis vegetais para o cultivo de melão, no Vale do Submédio do São Francisco, foram as leguminosas calopogônio (*Calopogonium mucunoide*), *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), guandu (*Cajanus cajan* L.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.), mucuna-preta (*Mucuna aterrina*) e mucuna-cinza (*Mucuna conchinchinensis*); e as não leguminosas (gramíneas e oleaginosas): gergelim (*Sesamum indicum* L.), girassol (*Chrysanthemum peruvianum*), mamona (*Ricinus communis* L.), milheto (*Penisetum americanum* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.). As sementes foram misturadas em proporções relativas às densidades de semeadura (sementes m⁻¹) recomendadas para cada espécie, conforme descrito em Giongo et al. (2014). Assim, as composições de coquetel vegetal testadas foram:

- 25% leguminosas + 75% não leguminosas [25% L + 75% NL].
- 75% não leguminosas + 25% leguminosas [75% NL + 25% L].

Essas composições foram avaliadas em sistemas com e sem revolvimento do solo, todos irrigados, e o respectivo comparativo com a vegetação espontânea, em dois solos: Argissolo e Vertissolo.

Em cada experimento foi determinado um conjunto de dados referente à produção de matéria vegetal, estoques de nutrientes na fitomassa dos adubos verdes, além da produtividade do meloeiro Amarelo cv 1000.

Independentemente da composição de plantas no coquetel vegetal, a produção de matéria vegetal foi superior à vegetação espontânea, nos três cultivos avaliados (Tabela 1).

O coquetel vegetal com maior proporção de não leguminosas (25% L + 75% NL), no ano de 2011, tanto em Argissolo quanto em Vertissolo, teve maior produção de matéria vegetal que os demais tratamentos. No ano de 2012, no Vertissolo, ambas as composições de adubos verdes produziram mais matéria vegetal que a vegetação espontânea. Na média dos dois anos, os coquetéis vegetais 75% L + 25% NL e 25% L + 75% NL produziram, respectivamente, 276% e 321% mais fitomassa seca aérea do que a vegetação espontânea. Num estudo



desenvolvido por Perin et al. (2004), com o cultivo isolado e consorciado de adubos verdes, incluindo plantas espontâneas, verificou-se que as espécies espontâneas produziram menor quantidade de fitomassa; entretanto, a quantidade de nutrientes foi similar aos adubos verdes, devido ao elevado teor na fitomassa. Nesse sentido, a vegetação espontânea deve ser analisada num contexto amplo, além da produção de fitomassa, podendo desempenhar um papel da ciclagem de nutrientes, equivalente aos adubos verdes cultivados.

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo como adubos verdes e vegetação espontânea, com e sem revolvimento, para incorporação dos resíduos do ano anterior, em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico e Vertissolo Háplico Órtico salino, em clima semiárido, Petrolina, PE, Brasil, anos de 2011, 2012.

Adubação verde	Matéria seca da parte aérea		
	Argissolo	Vertissolo	
	2011	2011	2012
	t ha ⁻¹		
75% L + 25% NL	8,30a	8,84b	10,61a
25% L + 75% NL	9,20a	11,59a	11,00a
Vegetação espontânea	4,50b	3,04 c	3,99b
Valor de F	20,32**	199,08**	13,34**
Manejo de solo			
Não revolvimento	N.D.	N.D.	8,10
Revolvimento	N.D.	N.D.	8,96
Valor de F	-	-	0,94 ^{ns}
Adubação verde x manejo de solo			
Valor de F	-	-	1,84 ^{ns}
CV (%)	21,0	7,73	21,68

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo e ^{**}(P<0,01). CV: coeficiente de variação. ND: não determinado no primeiro ano de experimento, pois não havia os tratamentos revolvimento ou não da matéria vegetal dos adubos verdes do ano anterior.

Portanto, os coquetéis vegetais adicionaram maiores quantidades de matéria vegetal quando comparados com a vegetação espontânea, tanto nos cultivos em Argissolo, quanto em Vertissolo. O revolvimento do solo no ano anterior não interferiu na produção de matéria vegetal dos adubos verdes no Vertissolo. Na literatura, diferenças na produção de matéria vegetal entre



espécies de adubos verdes são relatadas, tanto em gramíneas quanto em leguminosas (HEINRICH; FANCELLI, 1999; PERIN et al., 2004; MENEZES et al., 2009).

Nutrientes na parte aérea de adubos verdes

A necessidade de definir sistemas que inferem sustentabilidade e a busca de sistemas agrícolas menos dependentes de fertilizantes minerais e mais sustentáveis econômica e ambientalmente têm estimulado o uso de adubos verdes, em substituição ou como suplementação à adubação mineral (SILVA et al., 2014). Assim, a utilização de adubos verdes aliada ao não revolvimento do solo pode ser uma estratégia de manejo de solo que contribui para a ciclagem de nutrientes e a manutenção dos resíduos em superfície, favorecendo a decomposição lenta e liberação gradual dos elementos que constituem os tecidos vegetais (BERTOL et al., 2004). Segundo Almeida e Câmara (2011), são indiscutíveis os benefícios da utilização da adubação verde como prática conservacionista à agricultura. No aspecto dos benefícios às propriedades químicas, os adubos verdes podem adicionar quantidades significativas de nitrogênio, por meio da fixação biológica das espécies leguminosas, e fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, por meio da ciclagem desses elementos, quando ocorre a decomposição da palhada.

A quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea dos coquetéis vegetais pode suprir grande parte da quantidade de nutrientes exigida pelo meloeiro. Nesse sentido, é importante conhecer a eficiência de plantas utilizadas como adubos verdes, entre elas leguminosas, gramíneas e oleaginosas, na produção de matéria vegetal e ciclagem de nutrientes.

Os teores de nutrientes e a quantidade acumulada na matéria vegetal dos coquetéis vegetais testados como adubos verdes, os mesmos do tópico anterior, foram determinados em dois sistemas de manejo de solo e comparados com os teores da vegetação espontânea.

O teor de nitrogênio foi similar nas duas composições de coquetéis e na vegetação espontânea (Tabela 2). Rodrigues et al. (2012), comparando diferentes adubos verdes, verificaram que os teores de nitrogênio variaram mais de 55%, entre espécies de leguminosas. Assim, os teores de nitrogênio de algumas espécies leguminosas podem não apresentar diferenças significativas, em relação às gramíneas, o que significa que mesmo alterando a proporção de



leguminosas na composição dos coquetéis vegetais, os teores de nitrogênio na massa seca aérea dos adubos verdes podem não diferir significativamente. Os teores de nitrogênio encontrados por Rodrigues et al. (2012) foram de 35 g kg⁻¹; 31 g kg⁻¹; 22 g kg⁻¹; 16 g kg⁻¹ e 13 g kg⁻¹, respectivamente, para mucuna, feijão-de-porco, guandu, crotalária e milheto. Para os consórcios de cada leguminosa cultivada com milheto, os teores de nitrogênio variaram entre 15 g kg⁻¹ e 20 g kg⁻¹.

Tabela 2. Teores de nutrientes da parte aérea seca de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo, como adubos verdes e da vegetação espontânea em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, relevo plano em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011 (primeiro ano de cultivo), sem efeito do revolvimento do solo na incorporação dos adubos verdes do ano anterior.

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
75% L + 25% NL	21,0a	2,6a	29,5b	11,3b	3,61b	1,3ab
25% L + 75% NL	18,0a	1,9b	30,3b	7,4b	3,4b	1,0b
Vegetação espontânea	20,1a	2,8a	36,7a	19,1a	5,3a	1,7a
Valor de F	1,7 ^{ns}	8,6**	7,1**	30,0*	23,6**	5,3*
CV (%)	17,2	19,6	13,1	24,4	15,3	29,8

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo, * (P<0,05) e ** (P<0,01). CV: coeficiente de variação.

Em relação ao fósforo, o coquetel com maior proporção de leguminosas teve teor semelhante ao da vegetação espontânea, composta predominantemente pelas espécies *Ancanthor permunhispidun* DC., *Commelina benghalensis* L., *Desmodium tortuosum* e *Macroptilium atropurpureum*. Os coquetéis vegetais não diferiram entre si, em relação aos teores de potássio e magnésio; todavia, apresentaram teores mais baixos desses elementos quando comparados com a vegetação espontânea. Em relação ao teor de cálcio, foi observado que a vegetação espontânea apresentou os maiores valores desse elemento, seguido pelos coquetéis com maior proporção de leguminosas e, depois, com maior proporção de não leguminosas. A vegetação espontânea tem assumido um papel importante nos estudos sobre adubação verde, pois representa um potencial existente na área, sem custo adicional como aquisição de sementes ou semeadura e associada ao desenvolvimento sustentável.



O acúmulo de nutrientes na parte aérea dos coquetéis está relacionado à produção de matéria vegetal e ao respectivo teor. Os coquetéis vegetais acumularam maior quantidade de N, K, e Mg em relação à vegetação espontânea (Tabela 3). Os coquetéis vegetais adicionaram ao sistema solo 74 kg a 83 kg de N ha⁻¹ a mais que a vegetação espontânea. Em relação ao acúmulo de fósforo, observou-se que o coquetel vegetal com predomínio de leguminosas superou a vegetação espontânea em quase 9 kg de P ha⁻¹; entretanto, a quantidade desse elemento no coquetel com 75% de não leguminosas foi semelhante à vegetação espontânea. Apenas o acúmulo de enxofre (S) não se diferenciou entre os tipos de adubos verdes.

Tabela 3. Acúmulo de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo como adubos verdes e vegetação espontânea em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011 (primeiro ano de cultivo).

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
75% L + 25% NL	174,2a	21,7a	244,6a	93,7a	29,9a	10,7a
25% L + 75% NL	165,5a	17,3ab	278,5a	55,9b	30,9a	9,3a
Vegetação espontânea	91,5b	12,9b	167,1b	87,1a	24,3b	7,5a
Valor de F	22,8**	12,6**	19,2**	13,5**	6,8**	2,8 ^{ns}
CV (%)	18,7	20,4	16,0	19,7	13,6	28,6

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo e ** (P<0,01). CV: coeficiente de variação.

Os mesmos coquetéis vegetais foram cultivados por 2 anos como adubos verdes em Vertissolo, na estação experimental de Mandacaru, Juazeiro, BA. No primeiro ano de cultivo, não houve diferenças entre os coquetéis, quanto aos teores de nutrientes nem em relação à vegetação espontânea (Tabela 4). Isso ocorreu devido aos Vertissolos caracteristicamente apresentarem elevados valores de soma de bases (SB) e de capacidade de troca de cátions (CTC), presença de grandes quantidades de minerais facilmente intemperizáveis, apresentando grande potencial nutricional às plantas.



Tabela 4. Teores de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais após 70 dias de cultivo como adubos verdes e da vegetação espontânea em Vertissolo Háplico Órtico salino, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011, primeiro ano de cultivo.

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
75% L + 25% NL	13,70	2,52	29,31	20,77	4,52	2,92
25% L + 75% NL	17,60	2,20	30,81	20,63	5,10	3,09
Vegetação espontânea	16,20	2,41	30,48	16,81	5,76	3,81
Valor de F	0,94 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,55 ^{ns}	3,06 ^{ns}	1,36 ^{ns}
CV (%)	22,01	11,19	9,86	20,69	15,81	26,92

Adaptado de Giongo et al. (2014). L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Significância do teste F: ^{ns}/não significativo. CV: coeficiente de variação.

Porém, quando se analisa a quantidade de nutrientes acumulada na matéria vegetal da parte aérea seca, observa-se que a vegetação espontânea teve o menor acúmulo de todos os nutrientes, quando comparada aos coquetéis vegetais (Tabela 5). O coquetel vegetal com maior proporção de não leguminosas (gramíneas e oleaginosas) se sobressaiu na quantidade acumulada de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio, em relação ao coquetel com maior proporção de leguminosas. Em relação ao nitrogênio, por exemplo, a composição 25% L + 75% NL acumulou em torno de 82 kg N ha⁻¹ a mais que a composição 75% L + 25% NL. Para os demais elementos, observou-se um acúmulo superior de 96 kg K ha⁻¹, 56 kg Ca ha⁻¹ e 19 kg Mg ha⁻¹.

Tabela 5. Acúmulo de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo e vegetação espontânea em Vertissolo Háplico Órtico salino, relevo plano, em Clima Semiárido, Petrolina (PE), Brasil, ano de 2011, primeiro ano de cultivo.

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
75% L + 25% NL	121,23b	22,20a	260,43b	182,13b	39,84b	25,76 a
25% L + 75% NL	203,09a	25,65a	356,64a	237,90a	59,22a	36,07 a
Vegetação espontânea	49,20c	7,32b	92,68c	51,40c	17,62c	11, 50 b
Valor de F	21,16*	74,14*	72,89*	50,25*	44,25**	11,34**
CV (%)	25,51	12,53	13,35	19,50	18,33	32,81

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: *(P<0,05) e **(P<0,01). CV: coeficiente de variação.



No segundo ano de cultivo, em 2012, apenas os teores de K, Ca e Mg da composição 25% L + 75% NL foram superiores ao coquetel com maior proporção de leguminosas e à vegetação espontânea. O revolvimento do solo não interferiu nos teores de todos os nutrientes, na matéria vegetal da parte aérea (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo e vegetação espontânea em Vertissolo Háplico Órtico salino, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2012.

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg⁻¹					
75% L + 25% NL	13,69a	5,15a	29,74ab	12,55ab	9,37b	7,00
25% L + 75% NL	17,65a	4,51a	32,60a	15,99a	14,16a	6,89
Vegetação espontânea	16,27a	5,53a	26,53b	10,59b	9,50b	7,41
Valor de F	1,75 ^{ns}	1,70 ^{ns}	4,71*	9,31**	10,07**	0,99 ^{ns}
Manejo do solo						
Não revolvimento	16,30a	5,26a	28,61a	12,17a	10,36a	6,91a
Revolvimento	15,51a	4,86a	30,64a	13,92a	11,66a	7,29 a
Valor de F	0,21 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,56 ^{ns}	2,86 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,50 ^{ns}
Adubação verde x manejo de solo						
Valor de F	1,61 ^{ns}	4,34*	0,61 ^{ns}	7,79**	2,99 ^{ns}	0,41 ^{ns}
CV (%)	18,07	19,16	11,57	16,82	19,13	9,30

Adaptado de Giongo et al. (2014). L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo, * (P<0,05) e ** (P<0,01). CV: coeficiente de variação.

Quanto ao acúmulo dos nutrientes em 2012, os coquetéis vegetais apresentaram maior quantidade de todos os nutrientes, em relação à vegetação espontânea (Tabela 7). Apenas o acúmulo de magnésio apresentou diferença entre os coquetéis, sendo maior na composição com maior proporção de não leguminosas. Os valores de nitrogênio acumulados na parte aérea dos adubos verdes, obtidos neste trabalho, foram similares aos observados em pesquisas realizadas em outras regiões do País, utilizando leguminosas (TEODORO et al., 2011) e leguminosas com uma gramínea, cultivadas em consórcio e isoladas (RODRIGUES et al., 2012). Em cultivo de coquetel vegetal composto somente por leguminosas (crotalária, feijão-de-porco, guandu, mucunas, lab-lab e caupi), em



Cambissolo Háplico, Duarte (2010) observou que os teores de cálcio, potássio, magnésio e fósforo foram, respectivamente, de 28 g kg⁻¹; 10 g kg⁻¹; 3 g kg⁻¹ e 3 g kg⁻¹, diferindo dos valores apresentados neste estudo. Entretanto, deve-se considerar, para a análise comparativa, que as quantidades de nutrientes absorvidas por espécie e para uma mesma espécie podem variar em função da época de semeadura (MARCARENHAS; WUTKE, 2014), das condições edafoclimáticas, do histórico do uso da terra, entre outros.

A grande importância dos estudos sobre teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea dos coquetéis vegetais está relacionada à quantidade potencial de nutrientes que será adicionada ao solo, no final do ciclo dessas culturas. A expectativa é que, pelo processo de ciclagem e fixação biológica de nitrogênio, os nutrientes se tornem disponíveis para as culturas, principalmente daqueles elementos com potencial de lixiviação (RODRIGUES et al., 2012).

Tabela 7. Acúmulo de nutrientes da parte aérea de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo e vegetação espontânea em Vertissolo Háplico Órtico salino, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2012 (segundo cultivo), com efeito do revolvimento do solo na incorporação dos adubos verdes do ano anterior.

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
75% L + 25% NL	151,91a	55,47a	319,31a	133,15a	100,00b	74,87a
25% L + 75% NL	195,00a	49,18a	360,07a	177,02a	155,85a	75,76a
Vegetação espontânea	67,46b	22,66b	105,52b	43,43b	38,81c	29,68b
Valor de F	11,20**	9,76**	22,90**	32,26**	29,49**	21,68**
Manejo do solo						
Não revolvimento	129,04a	40,48a	236,07a	100,08b	84,48a	55,59a
Revolvimento	147,20a	44,39a	287,19a	135,44a	111,96a	64,62a
Valor de F	0,65 ^{ns}	0,36 ^{ns}	2,40 ^{ns}	6,44*	4,54 ^{ns}	1,91 ^{ns}
Adubação verde x manejo de solo						
Valor de F	1,97 ^{ns}	3,09 ^{ns}	1,93 ^{ns}	7,07*	4,08 ^{ns}	2,13 ^{ns}
CV (%)	34,37	32,15	26,75	24,91	27,84	23,06

Adaptado de Giongo et al. (2014). L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo, * (P<0,05) e ** (P<0,01). CV: coeficiente de variação.



O potássio, por ocorrer na forma iônica nas plantas e por não fazer parte da estrutura celular, é rapidamente liberado dos tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 1991). Entretanto, a presença das raízes dos adubos verdes em subsuperfície e a translocação desse elemento para a parte aérea aumentam a probabilidade de mantê-lo no sistema, impedindo a sua lixiviação e disponibilizando-o para o cultivo do melão.

Os adubos verdes, de modo geral, podem aumentar a disponibilidade de fósforo para os cultivos subsequentes de melão, devido à liberação de fósforo orgânico, mais acessível à cultura sucessora.

Produção de matéria vegetal e nutrientes acumulados nas raízes de adubos verdes

Além da contribuição da matéria vegetal aérea pelos adubos verdes, é importante quantificar a produção da matéria vegetal das raízes, bem como a quantidade de nutrientes acumulada pelo sistema radicular, ao longo do perfil do solo. Esses aspectos foram estudados nos coquetéis vegetais de adubos verdes cultivados e na vegetação espontânea em um Argissolo, em Petrolina, PE. O acúmulo de nutrientes no sistema radicular foi determinado em camadas (Tabela 8).

O coquetel vegetal com predominância de espécies leguminosas (75% L + 25% NL) apresentou maior produção de matéria vegetal de raízes nas camadas de 0 cm a 20 cm e 80 cm a 100 cm. Nas camadas de 20 cm a 40 cm e 40 cm a 60 cm, a maior produção de matéria vegetal ocorreu no coquetel vegetal 25% L + 75% NL. A vegetação espontânea apresentou os menores valores de matéria vegetal das raízes radicular, em todas as profundidades (Tabela 8).

O coquetel vegetal com predominância de leguminosas (75% L + 25% NL), o coquetel vegetal com predominância de gramíneas e oleaginosas (75% NL + 25% L) e a vegetação espontânea produziram, na profundidade até 100 cm, respectivamente, 5,6 t ha⁻¹; 5,1 t ha⁻¹ e 2,3 t ha⁻¹ de matéria seca radicular. Desse total, seguindo a mesma ordem dos tratamentos, 70%, 54% e 62% da matéria radicular se concentraram na primeira camada de solo amostrada (0-20 cm). A camada de 0-40 cm concentrou, respectivamente, 85%, 84% e 81% da matéria vegetal de raízes.



Tabela 8. Acúmulo de nutrientes do sistema radicular de coquetéis vegetais, após 70 dias de cultivo como adubos verdes e vegetação espontânea em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, em diferentes profundidades, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011 (primeiro ano de cultivo).

Adubação verde	Matéria seca t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg	S
		kg ha ⁻¹					
(0–0,2 m)							
75% L + 25% NL	3,9a	56,8a	3,7a	30,4a	36,2a	4,9a	4,4a
25% L + 75% NL	2,7b	38,3b	2,3b	22,7b	20,0b	3,5b	3,6a
Vegetação espontânea	1,4c	26,7b	1,5c	6,9c	12,1c	3,2b	2,3b
Fator F	39,71**	23,29**	42,88**	56,83**	65,96**	12,72**	18,25**
CV (%)	16,1	17,3	15,2	17,7	14,8	14,5	16,1
(0,2–0,4m)							
75% L + 25% NL	0,8b	14,1b	0,8b	6,2b	7,6b	1,0b	1,1b
25% L + 75% NL	1,5a	23,2a	1,4a	12,8a	15,4a	1,9a	2,2a
Vegetação espontânea	0,4c	5,3c	0,3c	2,5c	3,3c	0,4c	0,5c
Fator F	56,66**	40,01**	67,35**	76,55**	72,43**	68,44**	68,79**
CV (%)	17,6	22,2	17,7	18,5	18,3	18,0	18,2
(0,4–0,6 m)							
75% L + 25% NL	0,4b	4,0b	0,4a	2,1b	1,9b	0,2b	0,4b
25% L + 75% NL	0,5a	7,1a	0,3a	4,2a	2,9a	0,3a	0,6a
Vegetação espontânea	0,2c	2,7b	0,1b	0,6c	1,1c	0,04c	0,2c
Fator F	23,94**	14,11**	25,74**	93,01**	22,16**	56,62**	29,50**
CV (%)	21,2	29,7	22,9	18,2	21,4	19,6	20,7
(0,6–0,8m)							
75% L + 25% NL	0,2a	2,4a	0,2a	0,9a	0,9ab	0,1a	0,2ab
25% L + 75% NL	0,2a	3,3a	0,2a	0,9a	1,2a	0,1ab	0,3a
Vegetação espontânea	0,2a	2,6a	0,1b	0,6a	0,8b	0,1b	0,2b
Fator F	3,41 ^{ns}	3,56 ^{ns}	13,57**	3,47 ^{ns}	5,37*	6,56*	7,32**
CV (%)	21,3	20,5	25,9	24,0	21,5	26,7	21,7
(0,8–1,0m)							
75% L + 25% NL	0,3a	3,1a	0,2a	0,33ab	1,1a	1,1a	0,2a
25% L + 75% NL	0,1b	1,2b	0,04b	0,27b	0,3b	0,03b	0,1b
Vegetação espontânea	0,1b	1,3b	0,04b	0,34a	0,48b	0,05b	0,1b
Fator F	139,87**	93,30**	285,96**	4,33*	119,03**	443,70**	124,14**
CV (%)	13,1	13,0	13,5	13,8	13,0	16,6	13,1
(0–1,0 m) [†]							
75% L + 25% NL	5,6	80,4	5,3	39,9	47,7	7,3	6,3
25% L + 75% NL	5,0	70,1	4,2	40,9	39,8	5,8	6,8
Vegetação espontânea	1,5	38,6	2,0	10,9	17,8	3,8	3,3

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo, *(P<0,05) e **(P<0,01). CV: coeficiente de variação. ^a/para esses dados, não foram realizadas análises estatísticas.



Os percentuais de distribuição de matéria radicular nas diferentes profundidades são similares aos encontrados por Kätterer et al. (2011) em cereais, sendo que 71% das raízes estão concentradas na camada de 0-20 cm, 85% na camada de 0-40 cm e somente 15% da matéria vegetal de raízes nas camadas acima de 40 cm de profundidade. Em um experimento de quatro anos, com o cultivo de uma gramínea perene, *Panicum virgatum*, Garten et al. (2010) verificaram que a matéria radicular total, ao final de uma estação de crescimento, incluindo rizomas e raízes vivas e mortas maiores e menores que 1 mm, foi de 12 t ha⁻¹, até 90 cm de profundidade. Os autores observaram que a maior quantidade de matéria vegetal subterrânea (76%) encontra-se na superfície até 30 cm de profundidade.

Verificando-se a quantidade de nutrientes acumulada pela matéria vegetal do sistema radicular dos adubos verdes cultivados em Argissolo, observou-se que houve diferenças significativas entre os adubos verdes testados, para todas as profundidades avaliadas (Tabela 9). O sistema radicular do coquetel vegetal com predominância de leguminosas (75% L + 25% NL) acumulou mais nutrientes na superfície do solo, camada 0-20 cm. O coquetel vegetal com predominância de espécies não leguminosas (25% L + 75% NL) adicionou maiores quantidades de nutrientes na camada de 20-60 cm, coincidindo as profundidades onde se observaram as maiores produções de matéria vegetal. Na camada de 60-80 cm, não houve diferença no acúmulo de nutrientes entre os coquetéis vegetais. E, na última camada avaliada (80-100 cm), embora os valores sejam muito baixos, o coquetel vegetal com predominância de leguminosas (75% L + 25% NL) adicionou as maiores quantidades de nutrientes ao solo, exceto potássio.

A vegetação espontânea adicionou as menores quantidades de nutrientes em todas as profundidades, não diferindo do coquetel vegetal com predominância de não leguminosas, na profundidade de 80-100 cm. As quantidades de nutrientes acumuladas ao longo do perfil (0-100 cm) foram superiores no coquetel com predominância de espécies leguminosas, exceto para potássio e enxofre (Tabela 8), provavelmente, devido à liberação de exsudatos. De modo geral, a utilização de práticas de manejo, como o uso de coquetéis vegetais, é importante, pois serve como depósito contínuo de material vegetal ao solo, incorporando, ao longo do tempo, compostos orgânicos que mantêm os nutrientes na zona de absorção, propiciando o bom desenvolvimento das plantas (PEGORARO et al., 2006).



Produtividade do meloeiro

No estudo do uso de coquetéis vegetais no sistema de cultivo do meloeiro amarelo, avaliou-se a produtividade da cultivar 1000 e seus indicadores relacionados. Foram realizados três experimentos em solos distintos de Petrolina, PE, que consistiram nas mesmas combinações de coquetéis vegetais citados nos tópicos anteriores, e duas práticas agrícolas com e sem revolvimento do solo para incorporar os resíduos da vegetação do ano anterior. Em Argissolo, avaliou-se a produtividade comercial, a produtividade total e os sólidos solúveis, no ano 2011.

A produtividade comercial corresponde à colheita de frutos sem defeitos aparentes e passíveis de serem comercializados. Os sólidos solúveis totais foram determinados por meio da leitura de amostras do suco obtido de fatias de frutos, utilizando um refratômetro óptico.

Não houve interação entre os fatores composição da adubação verde e manejo do solo (revolvimento ou não) para produtividade comercial, produtividade total e sólidos solúveis (Tabela 9). Houve efeito isolado do tipo de coquetel vegetal e o manejo do solo para a produtividade comercial, e efeito isolado do tipo de coquetel vegetal para a produtividade total e sólidos solúveis. A produtividade comercial do meloeiro variou entre 36 t ha⁻¹ e 50 t ha⁻¹, enquanto a produtividade total variou de 40 t ha⁻¹ a 56 t ha⁻¹ (Tabela 9). Vale ressaltar a diferença entre a maior produtividade do melão, após o cultivo da composição de adubo verde 75% L + 25% NL, superando a produtividade comercial de melão, após vegetação espontânea, em torno de 14 t ha⁻¹ para produtividade comercial, e em torno de 16 t ha⁻¹ para produtividade total. A maior produtividade comercial com revolvimento do solo pode ser devido à maior disponibilidade de nutrientes oriundos dos adubos verdes pela incorporação dos resíduos, que acelera a atividade microbiana com a aeração do solo. Contudo, é preciso mais tempo de experimento para analisar essa diferença, pois o não revolvimento do solo, com o passar do tempo, promove a estabilidade de estruturas construídas pelas raízes das plantas e ação da biota edáfica, que retém maior quantidade de matéria orgânica e de nutrientes (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), devendo resultar em maior produtividade do meloeiro, em médio e longo prazos.

O teor de sólidos solúveis totais do melão cultivado, característica tradicionalmente utilizada para determinar a qualidade dos frutos, ficou na faixa de 10 °Brix, independente do tratamento. Segundo Souza et al. (1994), os



melões cultivados para exportação devem ser colhidos com um teor de sólido solúveis totais variando de 9 °Brix a 11 °Brix, enquanto os de mercado interno devem possuir um teor de 12 °Brix a 14 °Brix.

Tabela 9. Produtividade comercial e total e o teor de sólidos solúveis totais de meloeiro amarelo cv'1000', cultivado após o manejo dos coquetéis vegetais e vegetação espontânea em Amarelo Distrófico latossólico, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011.

Adubação verde	Produtividade Comercial t ha ⁻¹	Produtividade Total t ha ⁻¹	Sólidos Solúveis °Brix
75% L + 25% NL	49,87a	55,91a	10,25a
25% L + 75% NL	40,71ab	43,43ab	10,24a
Vegetação espontânea	36,14b	40,17b	10,39a
Valor de F	3,72*	4,40*	1,39 ^{ns}
Manejo do solo			
Sem revolvimento	37,03b	43,36a	10,06a
Com revolvimento	47,45a	49,64a	10,53a
Valor de F	6,19*	1,88 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Adubação verde x manejo de solo			
Valor de F	0,40 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,53 ^{ns}
CV (%)	24,29	24,10	9,21

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo e *(P<0,05). CV: coeficiente de variação.

No segundo experimento, em Argissolo, foram avaliados a produtividade total e os sólidos solúveis, nos anos de 2012 e 2013 (Tabela 10). No primeiro ano de cultivo do meloeiro, após o cultivo dos coquetéis vegetais, não houve interação entre os fatores tipo de coquetel vegetal e manejo do solo, bem como efeito dos fatores isolados para produtividade total e sólidos solúveis. Resultado semelhante também foi observado no segundo ano; contudo, houve diferença significativa no fator manejo do solo, para a variável produtividade total de frutos, pois os tratamentos que contemplam revolvimento de solo apresentaram maior



produtividade (Tabela 10). Como abordado para os dados do experimento em Argissolo, a maior produtividade com revolvimento deve ser vista com cautela, nos anos iniciais de experimento, pois ocorre maior disponibilidade de nutrientes pela atividade microbiana que é estimulada pela incorporação de resíduos e aeração do solo com o revolvimento. Porém, essa fase inicial de maior produção é seguida de menor estoque de nutrientes no solo e degradação da estrutura física, com o passar do tempo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011), resultando em menor produção. Com implantação de sistema conservacionistas de produção, incluindo o cultivo de adubos verdes, ao longo do tempo, espera-se que as taxas de adição e decomposição da cobertura morta se equilibrem, promovendo liberação contínua de nutrientes, evitando perdas de elementos.

Tabela 10. Produtividade total e sólidos solúveis totais de frutos de meloeiro cv'1000', cultivado após o manejo dos coquetéis vegetais e vegetação espontânea, em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, anos de 2012 e 2013, primeiro e segundo cultivo do meloeiro.

Adubos verdes	Produtividade Total		Sólidos Solúveis	
	1º Cultivo ----- t ha ⁻¹	2º Cultivo ----- t ha ⁻¹	1º Cultivo ----- °Brix	2º Cultivo ----- °Brix
75% L + 25% NL	25,30a	44,89a	12,50a	12,41a
25% L + 75% NL	24,41a	47,44a	12,47a	12,45a
Vegetação espontânea	25,36a	40,89a	12,68a	12,80a
Valor de F	0,04 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,40 ^{ns}
Manejo do solo				
Não revolvimento	23,56a	40,18b	12,72a	12,51a
Revolvimento	26,49a	48,63a	12,38a	12,60 a
Valor de F	0,85 ^{ns}	7,45*	1,52 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Adubação verde x manejo de solo				
Valor de F	0,15 ^{ns}	2,93 ^{ns}	1,92 ^{ns}	2,43 ^{ns}
CV (%)	20,09	17,51	4,80	7,60

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo e *(P<0,05). CV: coeficiente de variação.



Neste experimento, ressalta-se a diferença em produção do primeiro para o segundo cultivo, que pode ser efeito das propriedades do sistema com a produção vegetal dos adubos verdes, anterior ao cultivo do melão. Enquanto a produtividade total do melão aumentou 61% do primeiro para o segundo cultivo, após a vegetação espontânea, com o coquetel de 75% L + 25% NL, esse aumento foi de 77% e, com o coquetel 25% L + 75% NL, o aumento foi de 94%.

Os teores de sólidos solúveis totais dos frutos, nos dois anos de cultivos de meloeiro, foram superiores a 12 °Brix, não havendo diferença entre tratamentos nem entre os anos. Segundo os resultados obtidos no Vertissolo, após o cultivo dos coquetéis vegetais, não houve interação significativa entre os fatores coquetel vegetal e manejo do solo, bem como efeito dos fatores isolados para produtividade comercial, produtividade total e sólidos solúveis do melão (Tabela 11). A produtividade comercial do meloeiro nesse solo variou de 26 t ha⁻¹ a 28 t ha⁻¹, e a total, de 31 t ha⁻¹ a 32 t ha⁻¹. Os sólidos solúveis ficaram na faixa de 8 °Brix, para todos os tratamentos.

Tabela 11. Produtividade comercial e total e sólidos solúveis de frutos de meloeiro cv '1000', cultivado após o manejo dos coquetéis vegetais e vegetação espontânea em Vertissolo Háplico Órtico salino, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2012, segundo cultivo do meloeiro após adubos verdes.

Adubação verde	Produtividade Comercial	Produtividade Total	Sólidos Solúveis
	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	°Brix
75% L + 25% NL	27,00	31,01	8,29
25% L + 75% NL	28,00	32,36	8,45
Vegetação espontânea	26,59	31,32	8,54
Valor de F	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Manejo do solo			
Não revolvimento	27,02	31,50	8,65
Revolvimento	27,37	31,62	8,20
Valor de F	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,27 ^{ns}
Adubação verde x manejo de solo			
Valor de F	0,38 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,60 ^{ns}
CV%	19,95	16,32	7,42

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Significância do teste F: ^{ns}/não significativo. CV: coeficiente de variação.



A produtividade total dos experimentos relatados acima variou entre 25 t ha⁻¹ a 56 t ha⁻¹. A média nacional da produtividade comercial do meloeiro é de 25 t ha⁻¹, enquanto a nordestina é de 28 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2013). Dos experimentos avaliados, aquele instalado no Vertissolo apresentou produtividade semelhante às médias nacionais e nordestinas. Por outro lado, a produtividade comercial do meloeiro, em Argissolo Amarelo, ficou acima da média nacional e nordestina (Tabela 9). Braga et al. (2010), testando o uso de diferentes coberturas de solo, no melão tipo Amarelo (híbrido comercial), em condições edafoclimáticas similares às do presente trabalho, no Município de Petrolina, PE, obtiveram produtividade comercial entre 57 t ha⁻¹ e 73 t ha⁻¹. Araújo et al. (2003), avaliando diferentes coberturas do solo (palha de carnaúba, filme de polietileno preto, filme de polietileno dupla face (prata e preto) e solo descoberto e métodos de plantio (direto e semeio-transplante com produção de mudas em bandejas de poliestireno com 72 células, copos plásticos de 180 mL e tubetes de polietileno de 125 mL), também não observaram diferenças significativas nas produtividades comerciais, com valores médios entre 32,5 t ha⁻¹ e 41,3 t ha⁻¹.

Os sólidos solúveis nos frutos do melão não variaram entre as diferentes composições de adubos verdes, porém variaram entre solos. No melão cultivado em Vertissolo, os sólidos solúveis foram em torno de 8 °Brix, em Argissolo Amarelo, 10 °Brix e, em Argissolo Vermelho-Amarelo, 12 °Brix, sendo que neste último não houve variação entre os dois anos de cultivo. Esses dados parecem indicar que os sólidos solúveis estão mais relacionados ao tipo de solo do que às práticas de manejo. Entretanto, assim como os demais indicadores de produtividade, é precipitado concluir qualquer relação, devido ao curto tempo de experimento.

Segundo Braga et al. (2010), valores de sólidos solúveis acima de 9 °Brix são considerados frutos de qualidade e com boa aceitação no mercado consumidor. Sales Júnior et al. (2004) também relatam que, no caso do melão Amarelo, frutos na faixa de 9 °Brix a 11 °Brix são plenamente comercializados.

Resíduos culturais do meloeiro

Após a colheita do fruto, é importante quantificar o resíduo que a cultura do melão deixa ao sistema solo para ser incorporado, quando há revolvimento do solo, ou que permanece na superfície, como cobertura em sistema de plantio direto.



No experimento em Argissolo, foi avaliada a quantidade de matéria vegetal e de nutrientes dos resíduos culturais da parte aérea do melão, após o primeiro cultivo de coquetéis vegetais como adubos verdes e vegetação espontânea. Não houve interação entre a composição da adubação verde e sistemas de preparo do solo (Tabela 12). Também não foi constatada diferença significativa entre os diferentes coquetéis vegetais para matéria seca, teores e estoques de nutrientes no tecido vegetal da parte aérea das plantas de melão, após a colheita. Porém, houve diferença significativa para o fator manejo do solo, sendo que quando o solo não foi revolvido para incorporação dos resíduos dos adubos verdes do ano anterior, observou-se maior produção de matéria seca das plantas de meloeiro e maior acúmulo da maioria dos nutrientes, exceto cálcio e enxofre (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12. Matéria seca e teor de nutrientes do resíduo das plantas de melão cv 1000, após a colheita em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011, primeiro cultivo do meloeiro após adubos verdes.

Tratamentos	Matéria seca	N	P	K	Ca	Mg	S
Adubação verde	t ha ⁻¹	g kg ⁻¹					
75% L + 25%NL	2,87a	25,6a	2,4a	26,1a	53,6a	8,7a	2,3a
25% L + 75%NL	2,88a	27,9a	2,3a	24,1a	53,5a	8,8a	2,0a
Vegetação espontânea	2,66a	27,1a	2,6a	24,4a	52,1a	8,6a	2,0a
Valor de F	0,40 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}	2,15 ^{ns}
Manejo do solo							
Não revolvimento	3,1a	2,7a	2,4a	26,2a	52,7a	8,9a	1,9b
Revolvimento	2,5b	2,7a	2,5a	23,5b	53,4a	8,5a	2,4a
Valor de F	7,61*	0,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,71*	0,06 ^{ns}	0,69 ^{ns}	17,13**
Adubação verde x manejo do solo							
Valor de F	1,99 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,09 ^{ns}	2,09 ^{ns}
CV (%)	20,2	11,1	29,0	12,3	12,2	13,4	13,4

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo, *(P<0,05) e **(P<0,01). CV: coeficiente de variação.



Tabela 13. Quantidade de nutrientes acumulados no resíduo das plantas de melão cv'1000', após a colheita em Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, relevo plano, em clima semiárido, Petrolina, PE, ano de 2011, primeiro e segundo cultivo do meloeiro.

Adubação verde	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
75% L + 25% NL	73,6a	6,9a	75,9a	155,3a	24,9a	6,6a
25% L + 75% NL	81,0a	6,6a	69,1a	153,4a	25,3a	5,8a
Vegetação espontânea	72,3a	6,7a	67,1a	140,5a	23,7a	5,3a
Valor de F	0,47 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,32 ^{ns}
Manejo do solo						
Não revolvimento	85,3a	7,4a	82,6a	165,6 a	27,8a	5,9a
Revolvimento	65,9b	6,1b	58,8b	133,9 a	21,5b	5,9a
Valor de F	6,08*	5,62*	8,57**	4,41 ^{ns}	7,20*	0,00*
Adubação verde x manejo de solo						
Valor de F	0,98 ^{ns}	7,89*	0,85 ^{ns}	2,02 ^{ns}	3,01 ^{ns}	2,50 ^{ns}
CV (%)	25,5	19,4	28,1	24,7	23,5	26,2

L: leguminosas; NL: não leguminosas (gramíneas e oleaginosas). Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Significância do teste F: ^{ns}/não significativo, *(P<0,05) e **(P<0,01). CV: coeficiente de variação.

A média geral de matéria seca vegetal da parte aérea do melão foi de 2,8 t ha⁻¹ para uma população de 10.000 plantas ha⁻¹. Entretanto, em função da presença de água e altas temperaturas, poderá ser rapidamente decomposto quando incorporado ao solo, liberando quantidades significativas de nutrientes para o sistema solo, aptos a serem absorvidos pelas plantas do cultivo subsequente. Silva Junior et al. (2006) avaliaram a quantidade de matéria seca acumulada e extração de nutrientes de plantas de meloeiro “Pele de sapo”, após 69 dias de cultivo, no Rio Grande do Norte, e obtiveram 0,96 t ha⁻¹ de matéria vegetal da parte aérea e 21 kg ha⁻¹; 5 kg ha⁻¹; 81 kg ha⁻¹; 74 kg ha⁻¹ e 6 kg ha⁻¹ respectivamente para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em uma população de 10.000 plantas ha⁻¹. Essas quantidades de matéria vegetal aérea e de nutrientes foram inferiores às adicionadas ao sistema solo pelo cultivo do melão amarelo cv 1000 desse estudo, com uma população de 12.500 plantas ha⁻¹. Terceiro Neto et al. (2012) observaram valores de acúmulo de matéria seca e nutrientes semelhantes aos encontrados por Silva Junior et al. (2006) e



inferiores ao presente trabalho, para uma população de 10.000 plantas ha⁻¹ das cultivares Sancho e Médellin.

Considerações finais

De forma geral, entre os solos estudados, a produção de matéria vegetal da parte aérea e o acúmulo de nutrientes foram superiores nos coquetéis vegetais, em relação à vegetação espontânea. Entretanto, não foram observados incremento na produtividade do meloeiro nos primeiros anos de cultivo dos adubos verdes. Também deve ser considerada a ciclagem de nutrientes e adição de nitrogênio por meio de leguminosas como benéficos que podem reduzir os custos com adubação. O sistema radicular dos coquetéis vegetais adicionou maiores quantidades de matéria vegetal e nutrientes no solo até 60 cm de profundidade, quando comparado à vegetação espontânea. Esses resultados preliminares demonstram condições propícias para que o uso de coquetéis vegetais, ao longo do tempo, aumente a eficiência dos cultivos do meloeiro, por impactar positivamente na ciclagem de nutrientes e na adição de nitrogênio, além de construir estrutura física adequada pela ação combinada da riqueza de espécies vegetais e do estímulo à biota edáfica.

É de extrema importância manter o solo saudável, com qualidade, pois dessa forma o torna capaz de manter as propriedades essenciais à vida. Um solo saudável leva ao bom desenvolvimento das plantas, à supressão natural de pragas pela autorregulação da dinâmica de populações, à ciclagem de nutrientes do solo, à biodiversidade e à excelência dos atributos biológicos, físicos e químicos do sistema solo-planta.

Referências

- AGRIANUAL 2013. **Melão**. São Paulo: Informa Economics FNP, 2013. p. 357-359.
- ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, p. 55-62, 2011.
- ARAÚJO, A. de P.; NEGREIROS, M. Z. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; PEDROSA, J. F.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. F.; FERREIRA, R. L. F.; NOGUEIRA, I. C. C. Rendimento de melão amarelo cultivado em diferentes tipos de cobertura do solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 123-126, 2003.



BERTOL, L.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas a do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p.155-163, 2004.

BRAGA, M. B.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; DIA, R. C. S.; COSTA, N. D.; CALGARO, M.; CORREIA, J. S.; SILVA, Z. Produtividade e qualidade do melão submetido a diferentes tipos de cobertura do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, p. 422- 430, 2010.

DUARTE, R. F. **Avaliação de adubos verdes no Norte de Minas Gerais**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.

GARTEN JUNIOR, C. T.; SMITH, J. L.; TYLER, D. D.; AMONETTE, J. E.; BAILEY, V. L.; BRICE, D. J.; CASTRO, H. F.; GRAHAM, R. L.; GUNDERSON, C. A.; IZAURRALDE, R. C.; JARDINE, P. M.; JASTROW, J. D.; KERLEY, M. K.; MATAMALA, R.; MAYES, M. A.; METTING, F. B.; MILLER, R. M.; MORAN, K. K.; POST III, W. M.; SANDS, R. D.; SCHAT, C. W.; PHILLIPS, J. R.; THOMSON, A. M.; VUGTEVEEN, T.; WEST, T. O.; WULLSCHLEGER, S. D. Intra-annual changes in biomass, carbon, and nitrogen dynamics at 4-year old switchgrass field trials in west Tennessee, USA. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 136, p. 177-184, 2010.

GIONGO, V.; BRANDÃO, S. da S.; SANTANA, M. da S.; COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; YURI, J. E.; PETRERE, C. **Sistema plantio direto de meloeiro com coquetéis vegetais em Vertissolo no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 117). Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125166/1/BPD117.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2014.

HEINRICHS, R.; FANCELLI, A. L. Influência do cultivo consorciado de aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) na produção de fitomassa e no aporte de nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p. 27-31, 1999.

KÄTTERER T.; BOLINDER, M. A.; ANDRÉN, O.; KIRCHMANN, H.; MENICHETTI, L. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 141, p. 184–192, 2011.

MASCARENHAS, H. A. A.; WUTKE, E. B. Adubação, nutrição e fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento dos adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 189-224.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. B.; SANTANA, J. das G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 7-12, 2009.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; MENDONÇA, E. de S.; ALVAREZ V., V. H.; NUNES, F.



N.; GEBRIM, F. O. Fluxo difusivo de micronutrientes catiônicos afetado pelo tipo, dose e época de incorporação de adubos verdes ao solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 997-1006, 2006.

PERIN, A. S.; SILVA, R. H.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 35-40, 2004.

RODRIGUES, G. B.; SÁ, M. E. de; VALÉRIO FILHO, W. V.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; PINA, T. P. Matéria seca e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, p. 380-385, 2012.

SALES JÚNIOR, R.; SOARES, S. P. F.; AMARO FILHO, J.; NUNES, G. H. S.; MIRANDA, V. S. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, p. 98-100, 2004.

SILVA, E. C da; AMBROSANO, E. J.; SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; CARVALHO, A. M. de. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura: fundamentos e práticas**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 7, p. 265-306.

SILVA JÚNIOR, M. J.; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, F. H. T. de; DUTRA, I. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro “Pele-de-Sapo”. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 364-368, 2006.

SOUZA, M. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Tecnologia pós-colheita e produção de melão no Estado do Rio Grande do Norte, **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 12, n.2, p.188-190, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin-Cummings, 1991. 565 p.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agrônômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, n. 2, p. 63-640, 2011.

TERCEIRO NETO, C. P. C.; MEDEIROS, J. F. de; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; OLIVEIRA, F. R. A. de; LIMA, K. da S. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no meloeiro irrigado sob estratégias de manejo da salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, 1069-1077, 2012.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.213-228, 2011.

Capítulo • 3

Estoque de carbono no solo em sistemas convencional e conservacionistas de cultivo de melão no Polo Jaguaribe-Açu

Rubens Sonsol Gondim

Lindbergue Araujo Crisostomo

Aline de Holanda Nunes Maia

João Alencar de Sousa

Viviane da Silva Barros

Antonia Rosimeire da Cruz Silva Almeida

Introdução

O volume de CO₂ na atmosfera pode ser reduzido pelo aumento da biomassa vegetal e sequestro no solo. A biomassa vegetal e o solo podem potencialmente funcionar como estoque de carbono e, dessa forma, a agricultura exercer importante papel na mitigação da emissão de gases de efeito estufa e das mudanças climáticas (MEYER-AURICH et al., 2006). Sendo assim, o manejo de sistemas agrícolas, com vistas a sequestrar o CO₂ atmosférico, na forma de carbono orgânico no solo, e minimizar as emissões de gases de efeito estufa, tem sido proposto como uma solução parcial para a problemática da mudança climática (MORGAN et al., 2010).

Há, porém, forte variação no potencial de sequestro entre as espécies cultivadas, regiões e práticas de manejo. Variações nas condições ambientais podem afetar o potencial de estoque, mesmo dentro de pequena área geográfica (FANG et al., 2007). Follet (2001) apontou que a pesquisa a respeito de sequestro de carbono orgânico no solo, sob irrigação, é escassa e necessária, considerando a necessidade de avanço no conhecimento sobre suas relações com práticas de cultivo e características do solo, entre outros aspectos.

Denef et al. (2008) estudaram estoque de carbono em agroecossistemas irrigados por pivô central, em clima semiárido (Nebraska e Colorado), nas profundidades de 0-5 cm; 5-20 cm, 20-50 cm e 50-75 cm. Esses autores encontraram maiores estoques de carbono na camada de 0-20 cm nos solos irrigados, quando comparados com a condição de sequeiro. Entretanto,



consideraram as diferenças de carbono orgânico total (COT) pequenas, em relação à massa seca gerada pelas altas produtividades das áreas irrigadas. Os autores sugerem que as perdas de carbono devido à decomposição da matéria orgânica, nas áreas irrigadas, limitam o armazenamento adicional de carbono no solo.

Trabalhando em Cambissolos de áreas irrigadas com bananeira, no Nordeste do Brasil, Assis et al. (2010) observaram redução de estoques de carbono no solo. Esses autores apontam a necessidade de adoção de práticas favoráveis ao acúmulo de matéria orgânica e carbono, particularmente em cultivos temporários.

As taxas de adição ou decomposição da matéria orgânica do solo são especialmente afetadas pelo distúrbio físico causado pelo preparo do solo, o qual rompe os macros agregados e os expõe aos processos microbiológicos. Em regiões tropicais úmidas, a decomposição da matéria orgânica do solo pode ser intensificada devido a temperaturas e precipitações elevadas. A manutenção de teores elevados de carbono orgânico no solo é, portanto, um desafio nos solos tropicais, também devido às suas implicações na fertilidade e capacidade de troca de cátions (ZINN et al., 2005).

Este capítulo avalia alternativas para o desafio de promover aumento do estoque de carbono no solo, nos cultivos de melão irrigado. Será apresentado o resultado de pesquisas realizadas entre 2011 e 2013, no Polo Jaguaribe-Açu, com o cultivo de melão em sistemas convencional e conservacionistas. Inicialmente, a área experimental é descrita e, em seguida, são apresentados os resultados obtidos nos dois sistemas de cultivo. No sistema convencional de plantio, o melão é plantado em *mulching* plástico e, após a colheita, o solo fica em pousio. Os sistemas de conservacionistas são baseados no plantio de adubos verdes, antes do cultivo de melão. A cobertura vegetal dos adubos verdes pode ser incorporada ao solo, com o plantio do melão realizado na sequência, sob *mulching* plástico, ou não ser incorporada, com o melão plantado diretamente sob a palhada do adubo verde (sistema plantio direto).

Descrição da pesquisa

Os dados deste trabalho foram coletados em experimento instalado na empresa Agrícola Famosa, localizada entre os municípios de Icapuí, CE, e Tibau, RN. A área do experimento foi de 156 m x 28 m, equivalente a 0,41 ha (Figura 1).



Foto: Viviane da Silva Barros

Figura 1. Melão plantado, após adubação verde, com incorporação da cobertura vegetal, utilizando mulching plástico.

Os tratamentos envolveram dois sistemas de preparo do solo: adubação verde, sem revolvimento (plantio direto – D) e adubação verde com revolvimento (plantio convencional – C). Doze tratamentos envolvendo diferentes tipos de cobertura do solo foram avaliados:

Sistema C – adubação verde com revolvimento (Figura 2), seguido do plantio de melão em *mulching* plástico (filme de polietileno).

- C1. Crotalária (CT) + filme de polietileno.
- C2. Milheto (MT) + filme de polietileno.
- C3. Crotalária + milheto (CT + MT) + filme de polietileno.
- C4. Milho + braquiária (M + BR) + filme de polietileno.
- C5. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + filme de polietileno.
- C6. Solo sem cobertura vegetal + filme de polietileno.
- C7. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + composto + filme de polietileno.
- C8. Guandu + filme de polietileno.
- C9. Guandu + milheto (MT) + filme de polietileno.
- C10. Feijão-de-porco + filme de polietileno.
- C11. Feijão-de-porco + milheto (MT) + filme de polietileno.
- C12. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + milho + braquiária + filme de polietileno.



Foto: Viviane da Silva Barros



Figura 2. Melão cultivado sob a palhada do adubo verde (sistema plantio direto).

Sistema D – adubação verde, sem revolvimento, seguido do plantio de melão na palhada, sem *mulching* plástico (Figura 3), com exceção do tratamento testemunha D7.

- D1. Crotalária (CT).
- D2. Milheto (MT).
- D3. Crotalária + milheto (CT + MT).
- D4. Milho + braquiária (M + BR).
- D5. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾.
- D6. Solo sem cobertura vegetal.
- D7. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + composto + filme de polietileno (*mulching* plástico em plantio direto).
- D8. Guandu.
- D9. Guandu + milheto.
- D10. Feijão-de-porco.
- D11. Feijão-de-porco + milheto.
- D12. Vegetação espontânea (VE)⁽¹⁾ + milho + braquiária.

⁽¹⁾ Espécies nativas que nascem espontaneamente no local, quando a área é deixada em repouso. Foi realizado um levantamento das principais espécies presentes, por meio do qual foram identificadas: beldroega (*Portulaca oleracea*), caruru (*Amaranthus spinosus*), brejo (*Triantema portacastrun* L.), capim-tapete (*Mollugo verticillata*), jitrana (*Merremia aegyptia* L.), trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e capim-milhã (*Digitaria bicornis*), sendo que esta última tinha predominância de cerca de 90% da área coberta.

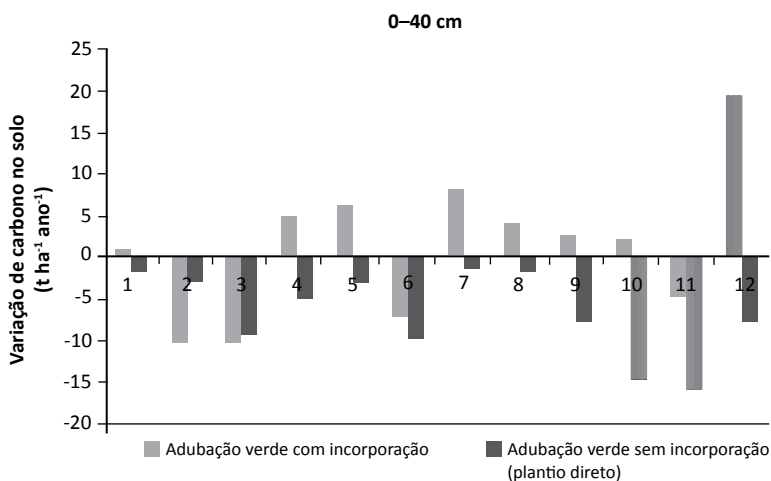


Figura 3. Taxas médias de variação de estoque de carbono no solo (t de CO_2 -eq ha^{-1} ano $^{-1}$), no período de 2011 a 2013, nos tratamentos avaliados, no perfil do solo (0-40 cm). Barras hachuradas correspondem a variações significativas ao nível de 5% ($p < 0,05$). Os tipos de cobertura vegetal variam de 1 a 12, em cada um dos sistemas de plantio – convencional (C) ou direto (D).

O híbrido de melão Goldex foi plantado por 3 anos (2011 a 2013), com um ciclo de produção em média de 70 dias. O plantio do melão, após adubação verde, foi conduzido de acordo com práticas adotadas pela empresa, utilizando irrigação por gotejamento com emissores de vazão de $1,7$ litro h^{-1} , espaçados de $0,35$ m. As adubações foram realizadas com base na análise química do solo e nas exigências nutricionais da cultura, via fertirrigação, utilizando-se $137,2$ kg ha^{-1} de fertilizante mineral Amiorgan®, contendo $152,8$ kg ha^{-1} de K_2SO_4 ; $51,7$ kg ha^{-1} de $Ca(NO_3)_2$; $38,6$ kg ha^{-1} de biofertilizante; $1,98$ kg ha^{-1} de ácido fosfórico e $213,1$ kg ha^{-1} de KNO_3 . Apenas nos tratamentos C7 e D7, foram aplicadas cinco t ha^{-1} de composto orgânico. Também foram realizadas práticas culturais para controle de plantas daninhas, como capinas manuais, e pulverizações com fungicidas e inseticidas, para controle de pragas e doenças.

Foram realizadas amostragens de solo, sempre anteriormente à semeadura das gramíneas e leguminosas, nas seguintes épocas: 1) em abril de 2011; 2) quinze meses após o início do experimento, em julho de 2012; 3) vinte e quatro meses após o início do experimento, em abril de 2013. Cada amostra foi composta por seis subamostras, coletadas em seis pontos diferentes, na parcela experimental, a qual continha 36 m^2 .



A determinação do carbono orgânico total (COT), nas amostras de solos e de tecidos vegetais, teve como base adaptações dos procedimentos por Walkley e Black (1934). De modo geral, esse método tem como princípio, na oxidação do carbono orgânico contido na amostra por via úmida com dicromato de potássio, ácido sulfúrico concentrado e aquecimento externo. O dicromato remanescente é determinado por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal.

O estoque de carbono no solo foi determinado por meio da fórmula:

$$C \text{ (g/kg)} \times 10 \times d \times V_{\text{solo}}$$

Em que:

– d é a densidade do solo (g cm^{-3}), sendo determinada para cada parcela, em cada profundidade, assim como na mata nativa, por meio de amostra indeformada, utilizando cilindro de Uhland, de volume conhecido (Tabela 1).

– V_{solo} é a área da superfície (As) multiplicada pela profundidade da camada do perfil (0-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,40 m). Para área, foi considerada a área da parcela experimental (de 36 m^2).

Extrapolando o estoque para 10.000 m^2 , temos C em Mg ha^{-1} .

Para transformação de carbono em CO_2 equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$), considerou-se 1 t de carbono correspondente a 3,67 (44/12) toneladas de CO_2 , e os átomos de C e O com pesos atômicos de 12 e 16, respectivamente (RONQUIM, 2007).

Para cada profundidade, foram calculadas as taxas de variação médias do $\text{CO}_2\text{-eq}$ no solo ($\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), representadas pela diferença (TX) entre o valor de $\text{CO}_2\text{-eq}$ no final e no início do experimento, dividida pela duração do experimento (2 anos).

Resultados e Discussão

Considerando todo o perfil analisado do solo (0-40 cm), houve aumento no estoque apenas para o tratamento C12 ($19,6 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e perdas nos tratamentos D10 ($-14,6 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e D11 ($-15,9 \text{ t CO}_2\text{-eq ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), os quais não diferiram entre si (Tabela 1 e Figura 3). Os tratamentos onde perdas de carbono foram evitadas já podem ser considerados como resultados positivos, considerando o desafio de manutenção do estoque de carbono, em solos tropicais sob irrigação, sendo mais desejável seu acúmulo.

A maior quantidade de carbono no solo, no sistema com incorporação da fitomassa, pode ser explicada pela presença de grande quantidade de palhada



no solo, enquanto, nas parcelas sem incorporação, a palhada ficou depositada sobre o solo, não estando presente nas amostras de solo coletadas. O melhor desempenho do sistema C12 foi potencialmente ocasionado pela maior biomassa produzida pela vegetação espontânea + milho + braquiária. Entretanto, mesmo que essa biomassa tenha levado ao acúmulo de carbono no solo, não é possível fazer inferências quanto à estabilidade do carbono, ao longo do tempo, havendo necessidade de avaliar o estoque de carbono, para esse tratamento, por um período mais longo de observação.

Tabela 1. Taxas médias de variação estoque de carbono no solo (t de CO_2 -eq $ha^{-1} ano^{-1}$), no período de 2011 a 2013, nos tratamentos avaliados, considerando todo o perfil analisado (0–40 cm).

Tratamento	Média	Erro padrão	Valor p*
C01	1,03	5,18	0,84
C02	-10,10	5,18	0,06
C03	-10,13	5,18	0,05
C04	4,98	5,18	0,34
C05	6,41	5,18	0,22
C06	-7,18	5,18	0,17
C07	8,15	5,18	0,12
C08	4,14	5,18	0,43
C09	2,72	5,18	0,60
C10	2,26	5,18	0,66
C11	-4,81	5,18	0,36
C12	19,60	5,18	0,00
D01	-1,64	5,18	0,75
D02	-2,76	5,18	0,60
D03	-9,22	5,18	0,08
D04	-4,98	5,18	0,34
D05	-3,07	5,18	0,55
D06	-9,68	5,18	0,07
D07	-1,22	5,18	0,81
D08	-1,73	5,18	0,74
D09	-7,74	5,18	0,14
D10	-14,64	5,18	0,01
D11	-15,92	5,18	0,00
D12	-7,73	5,18	0,14

* Nível de significância nominal do teste t. Valores inferiores a 0,05 indicam taxas de variação significantes.



Os resultados de redução de carbono podem ser explicados pela decomposição promovida pelas temperaturas elevadas e presença de umidade, oriunda da irrigação. Em estudo no Rio Grande do Sul, Bona et al. (2006) concluíram que o efeito da irrigação aumentou a adição de C pelas culturas, porém isso não refletiu em aumento no estoque de C orgânico na faixa de 0-20 cm, pelo fato de a umidade proporcionada pela irrigação ter aumentado a taxa de decomposição da matéria orgânica. Assim, fica evidente a importância da definição criteriosa de sistemas de manejo de solo, em áreas irrigadas, em regiões de clima quente.

Canqui e Lal (2009) advertem que as condições climáticas de uma ecorregião particular afetam a taxa de decomposição dos resíduos e seu acúmulo na forma de carbono orgânico no solo. Maiores quantidades de resíduos agrícolas retornados aos solos em temperaturas mais elevadas são requeridas para manutenção ou elevação de níveis de carbono orgânico no solo, especialmente em temperaturas acima de 20 °C.

Considerações finais

Para fins de aumento do armazenamento de carbono no solo, recomenda-se o sistema de produção de melão C12 (vegetação espontânea incorporada + milho + braquiária). Esse tratamento foi o único que apresentou variação positiva no estoque de carbono, considerando todo o perfil de solo estudado (0-40 cm) e o período monitorado.

Contudo, os tratamentos sem perdas de carbono podem ser considerados, de certa forma, positivos, considerando o desafio de manutenção do estoque de carbono em solos tropicais, sob irrigação, sendo mais desejável o acúmulo.

Dentre os tratamentos estudados, apenas os D10 (guandu + milheto) e D11 (feijão-de-porco) apresentaram variações negativas no estoque de carbono, no perfil estudado, não sendo recomendáveis quando o objetivo for acúmulo de carbono no solo. Nos demais tratamentos, houve manutenção do estoque de carbono.

Para pesquisas futuras, o tratamento C12 merece ser avaliado por períodos mais longos, com o intuito de avaliar a estabilidade do acúmulo de carbono alcançado.



Referências

- ASSIS, C. P.; OLIVEIRA, T. S. de; DANTAS, J. de A. da N.; MENDONÇA, E. de S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 138, n. 1-2, p. 74-82, 2010.
- BONA, F. D. de; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, n. 5, p. 911-920, 2006.
- CANQUI, H. B.; LAL, R. Crop residue management and soil carbono dynamics In: LAL, R.; FOLLET, R. F. (Ed.). Soil carbono sequestration and the green house effect. 2. ed. Madison: **Soil Science Society of América**, 2009. p. 291-309.
- DENEF, K.; STEWART, C. E.; BRENNER, J.; PAUSTIAN, K. Does long-term center pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems. **Geoderma**, v. 145, n. 1, p. 121-129, 2008.
- FANG, S.; XUE, J.; TANG, L. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns. **Journal of Environmental Management**, v. 85, n. 3, p. 672-679, 2007.
- FOLLET, R. F. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil & Tillage Research**, v. 61, n. 1-2, p. 77-92, 2001.
- MEYER-AURICH, A.; WEERSINK, A.; JANOVICEK, K.; DEEN, B. Cost efficient rotation and tillage options to sequester carbon and mitigate GHG emissions from agriculture in Eastern Canada. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 117, n. 2-3, p. 119-127, 2006.
- MORGAN, J. A.; FOLLET, R. F.; ALLEN JR., L. H.; GROSSO, S. del G.; DERNER, J. D.; DIJKSTRA, F.; FRANZLUEBBERS, A.; FRY, R.; PAUSTIAN, K.; SCHOENEBERGER, M. M. Carbon sequestration in agricultural lands of the United States. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 65, n. 1, p. 6-13, 2010.
- RONQUIM, C. C. **Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. 52 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 63). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPM/2108/1/doc63_carbono_nesp.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2012.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.
- ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 84, n. 1, p. 28-40, 2005.

Capítulo • 4

Sistemas conservacionistas de produção de melão em ambiente protegido

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Mariana Rodrigues Fontenelle

Nuno Rodrigo Madeira

Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Juscimar da Silva

Ítalo Moraes Rocha Guedes

Marcos Brandão Braga

Introdução

Mudanças ambientais provocadas pelas ações humanas têm alterado, significativamente, o equilíbrio do planeta observado durante o Holoceno, constituindo uma nova época, que vem sendo denominada por muitos autores como “Antropoceno” (CRUTZEN, 2002; ZALASIEWICZ et al., 2010). Rockstrom et al. (2009) avaliaram os limites de dez importantes processos ambientais afetados por essas ações antrópicas e concluíram que, para pelo menos três deles, tais limites já foram ultrapassados: perda da biodiversidade, alterações no ciclo biogeoquímico do nitrogênio (N) e mudanças climáticas globais. Esses processos apresentam clara interface com a agricultura e, por isso, podem ser influenciados ou influenciar os sistemas agrícolas de produção.

Tomando como exemplo as mudanças climáticas globais, prevê-se, para o fim do século 21, no cenário mais pessimista, um aumento da temperatura média global entre 2,5 °C e 7,8 °C (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). Esse aquecimento deve provocar alterações no clima do planeta, de magnitude variável, que, dependendo da região, devem levar ao aumento da ocorrência de eventos extremos. Alguns dos mais importantes extremos climáticos projetados dizem respeito à maior ocorrência de dias e noites quentes, menor ocorrência de dias e noites frios, maior ocorrência e duração de ondas de calor, maior frequência, intensidade e quantidade de chuvas intensas e aumento da intensidade e duração das secas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2013). Considerando



ainda que a maior causa do aquecimento do planeta, observado desde meados do século 20, foi decorrente do aumento das emissões atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE) (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2013), é razoável supor que, num cenário de mudanças climáticas, os sistemas de produção agrícola devem buscar, por um lado, mitigar suas emissões atmosféricas de CO_2 , CH_4 e principalmente N_2O e, por outro, adaptar-se às esperadas alterações do clima.

Mundialmente, o setor que engloba atividades ligadas à agricultura, florestas e outros usos da terra é o segundo maior emissor de GEE, correspondendo a 24% do total de emissões (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2014). No Brasil, somente as atividades agropecuárias são responsáveis em torno de 35% do total das emissões de GEE (BRASIL, 2013). Dessa forma, está clara a necessidade de adoção de sistemas de produção agropecuários capazes de sequestrar carbono, além de possuírem menor potencial de emissão de N_2O .

A quantificação das frações da matéria orgânica do solo pode fornecer valiosas informações sobre a capacidade de determinado sistema produtivo em estocar carbono, indicando uma possível capacidade mitigadora das emissões atmosféricas de GEE. Permite ainda a caracterização da estabilidade da matéria orgânica estocada, além de ser indicador importante de qualidade do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005).

Adicionalmente, num futuro próximo, prevê-se a ocorrência de outras mudanças ambientais, tais como: o esgotamento da capacidade produtiva de solos, o esgotamento de jazidas de matéria-prima para fertilizantes, a escassez qualitativa de água para irrigação, os conflitos pelos múltiplos usos da água, entre outras. Nesse sentido, as atividades agropecuárias também apresentam importância acentuada como agente causador dessas mudanças, além de serem sobremaneira influenciadas por elas. Com relação ao uso dos recursos hídricos para fins de irrigação, por exemplo, estima-se que a agricultura é responsável por 54% da vazão total de água retirada e 72% da vazão efetivamente consumida, no Brasil (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2012).

As mudanças ambientais em curso fortalecem a necessidade de busca por sistemas de produção inovadores, que promovam o aumento da



sustentabilidade sem, contudo, deixar de lado a viabilidade econômica. Dessa forma, a busca por sistemas de produção de melão, como o sistema de plantio direto, deve ser uma tendência, inclusive, com a possibilidade de pagamento pelos serviços ambientais prestados ou, até mesmo, a obtenção de linhas de crédito diferenciadas, nos moldes do que é hoje preconizado pelo Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC).

Adicionalmente, o aquecimento do clima deve potencializar, em estados do centro-sul brasileiro, o cultivo de espécies agrícolas exigentes em climas quentes, como é o caso do melão. Entretanto, os altos índices pluviométricos projetados para primavera-verão constituem um fator limitante para a produção melão. Portanto, o cultivo em ambiente protegido é uma possibilidade. Diversos trabalhos conduzidos em casas de vegetação têm demonstrado o potencial de produção desses sistemas, sendo obtidas elevadas taxas de produtividade, associada à elevada qualidade dos frutos colhidos, proporcionadas, dentre outras coisas, pelo adensamento do cultivo e proteção contra estresses bióticos e abióticos. Assim, é razoável supor a existência da combinação de alta produtividade e um produto com potencial de destino a nichos específicos de mercado, com maior valor agregado.

Pelo exposto, a necessidade da busca por sistemas mais sustentáveis de produção na agricultura é reforçada. Sistemas que adotam práticas conservacionistas devem ser exaustivamente buscados sem, contudo, perder de vista a necessidade de manutenção de elevada produtividade e rentabilidade para o agricultor. Cabe ainda ressaltar que trabalhos como o de Ray et al. (2013) têm mostrado que a manutenção do crescimento da produtividade de diversos cultivos agrícolas, nas taxas atualmente observadas, não deve ser capaz de suprir as necessidades de uma crescente população, em um futuro próximo.

Portanto, o presente capítulo tem como objetivo compilar informações, mesclando aquelas provenientes de uma abrangente revisão de literatura e outras originais, com o objetivo de discutir a adoção de sistemas conservacionistas na produção de melão em ambientes protegidos, refletindo sobre os efeitos desses sistemas sobre variáveis agrônomicas, bem como sobre os teores de matéria orgânica dos solos e suas frações.



Sistemas de produção de melão num cenário de mudanças climáticas: oportunidade de abrangência além do Nordeste, com base na adoção de sistemas inovadores de produção

O aquecimento do clima, projetado para todo o território brasileiro, no fim do século 21, pode potencializar, em algumas regiões, a produção de produtos agrícolas exigentes em clima quente, exemplificados aqui pelo melão. Tomando como exemplo a região Centro-Oeste, que atualmente não constitui um importante polo de produção dessa fruta, projeções climáticas de Hamada et al. (2011) indicam uma anomalia positiva de 4,06 °C (média anual), até o final do século 21, maior que aquelas observadas para todas as outras regiões do País.

As projeções ainda indicam, para a região Centro-Oeste, temperatura média anual em torno dos 29 °C, com pico máximo em outubro (30,9 °C) e mínimo em junho (26,9 °C). Entretanto, as intensas precipitações no verão, outono e primavera podem ser limitantes à produção de espécies que não as toleram. Assim, tem-se um provável cenário climático regional onde as elevadas temperaturas observadas devem ser encontradas durante a maior parte do ano, com intensificação do período chuvoso no verão e manutenção de uma janela invernal seca. Nesse período, as temperaturas e umidade devem se tornar propícias ao cultivo do meloeiro, em campo aberto. Entretanto, nas outras estações do ano, outros sistemas produtivos devem ser buscados, para que o cultivo de melão seja viável como alternativa de adaptação da agricultura regional às mudanças climáticas. É o caso, por exemplo, dos cultivos em ambiente protegido. No futuro, é possível ainda que a associação entre o cultivo em estufas e a utilização de sistemas capazes de conservar os solos, mantendo elevados estoques de carbono, além de gerarem produtos de alto valor agregado, os tornem aptos ao recebimento pelos serviços ambientais prestados, aumentando a possibilidade de ganhos dos produtores.

Em todo o mundo, tem sido observada uma tendência de pagamento e de recebimento por serviços ambientais prestados, por diversas atividades, entre elas a agricultura. Além desses pagamentos, outras oportunidades para o fomento de sistemas sustentáveis como, por exemplo, a obtenção de linhas



de crédito diferenciadas, também têm surgido constantemente. No Brasil, um exemplo é o Plano Brasileiro de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) do Governo Federal, que visa, dentre outras coisas, promover a adoção de sistemas capazes de promover o sequestro de carbono e/ou que reduzam as emissões atmosféricas de GEE. Além disso, esse plano também visa fomentar mecanismos que promovam adaptação dos sistemas agrícolas às mudanças climáticas. Assim, sistemas que comprovadamente visam adaptar os cultivos agrícolas às mudanças climáticas e/ou reduzam a mobilização de solo, ao mesmo tempo em que promovam o acúmulo de carbono nesse compartimento ambiental, tendem a ganhar força, desde que mantenham satisfatórios índices de produtividade e desejáveis características pós-colheita.

Outras oportunidades, como os Planos Produtores de Água, que visam ao pagamento a produtores que utilizam sistemas de produção que efetivamente reduzam os processos erosivos, aumentem a infiltração de água no solo e/ou, em alguns casos, até mesmo promovam a economia do uso dos recursos hídricos, também podem ser alternativas interessantes para a promoção da sustentabilidade agrícola, no futuro.

Muitos sistemas produtivos de melão têm sido testados quanto à sua sustentabilidade. Entre eles, podem ser citados os cultivos em ambientes protegidos, os cultivos com *mulchings* artificiais ou naturais, os sistemas que utilizam a adubação verde, entre outros. Uma vasta literatura está disponível sobre o tema, sendo aqui apresentada uma breve discussão sobre ela, bem como sobre alguns resultados de pesquisa, recentemente conduzida pela equipe autoral deste capítulo.

O cultivo em ambiente protegido apresenta diversas funções, tais como o controle das variáveis climáticas e a proteção contra agentes fitopatológicos. Diversos trabalhos têm sido conduzidos em ambiente protegido, nas regiões centro-sul do País, com o intuito de viabilizar a produção de melão, em condições de temperatura e pluviosidade muitas vezes adversas.

Por exemplo, Maruyama et al. (2000), avaliando os efeitos de sistemas de condução e das posições de fixação dos frutos de melão rendilhado, produzidos em ambiente protegido, no Estado de São Paulo, obtiveram produtividades de 47,2 kg ha⁻¹ para o híbrido 'Bônus II' e 33,9 kg ha⁻¹ para híbrido 'D. Carlos'. Dentre as características dos frutos produzidos nesse experimento, pode-se destacar o alto teor de sólidos solúveis, cujos resultados foram superiores para o híbrido



‘Bônus II’, alcançando média de 14,8 °Brix, no sistema conduzido com uma haste, e 15,2 °Brix, no sistema conduzido com duas hastes.

Gualberto et al. (2001) conduziram um experimento em Marília, SP, cujo objetivo foi de avaliar a produtividade e qualidade dos frutos de melão rendilhado produzidos em estufa plástica, onde avaliaram a influência de diferentes espaçamentos e de diferentes sistemas de condução sobre as variáveis agrônomicas, anteriormente citadas. Os autores utilizaram o híbrido ‘Bônus II’ e encontraram produtividades superiores àquelas observadas por Maruyama et al. (2000), com médias que variaram de 53,14 t ha⁻¹ a 74,43 t ha⁻¹ e teor de sólidos solúveis médio que variou de 12,03 °Brix a 13,86 °Brix. Entretanto, os frutos apresentaram baixo peso médio de frutos, variando de 715,0 g a 890,0 g. Os autores ainda concluíram que o sistema de condução com duas hastes e um fruto por haste, associado aos espaçamentos de 50 cm e 60 cm, foram os mais indicados.

A influência da injeção de CO₂ e do fornecimento de K₂O sobre o desempenho de melão rendilhado (híbrido ‘Bônus II’) produzido em estufa, em Piracicaba, SP, foi avaliada por Frizzone et al. (2005). Os autores encontraram pesos médios de frutos entre 350 g e 1.550 g, com menor frequência de frutos não comerciais (peso médio menor que 550 g), ocorrendo para as maiores doses de CO₂ e de K₂O. Os tratamentos sem adição de CO₂ ainda resultaram em menor número de frutos e maior porcentagem de frutos defeituosos. Esse resultado pode indicar que, com o aumento das concentrações atmosféricas de CO₂, a produção de melão pode ser beneficiada. Os resultados do trabalho de Mavrogianopoulos et al. (1999) reforçam essa afirmação. Entretanto, o efeito da adição de doses de CO₂ sobre os cultivos agrícolas pode não ser linear, existindo uma concentração ótima a partir da qual a resposta passa a ser negativa, conforme demonstrado por Juknys et al. (2012). No trabalho em discussão, as maiores produtividades não foram encontradas para a maior dose de CO₂ aplicada, ressaltando a existência de uma concentração limitante desse gás. A dose de 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂ aplicada via fertirrigação foi a que proporcionou maiores produtividades, independente da dose de K₂O aplicada. A combinação da adição de 300 kg ha⁻¹ de K₂O com 301,8 kg ha⁻¹ de CO₂, via água de fertirrigação, resultou em maiores produtividades de frutos comerciais, com média de 57,21 t ha⁻¹.

A avaliação dos efeitos de diferentes cultivares e dos sistemas de manejo sobre as características de melão rendilhado, produzido em ambiente protegido, no Município de Jaboticabal, SP, foi realizada por Vargas et al. (2008). Os autores



concluíram que o cultivo em fibra de coco favoreceu o alcance de características desejáveis dos frutos, em comparação com o cultivo em solo. Assim, o cultivo em substrato proporcionou maior massa fresca do fruto, maior espessura do mesocarpo, maior rendimento da casca, pH mais próximo da neutralidade, maior teor de sólidos solúveis totais, maior índice de maturação e maiores teores de vitamina C. Houve ainda efeitos do tipo de cultivar, sobre as seguintes variáveis: massa fresca de fruto, pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável e índice de maturação.

Procurando viabilizar a produção de melão amarelo, em ambiente protegido, nas condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro, recentemente, foi conduzido um experimento (Figuras 1 a 6), no setor de campos experimentais da Embrapa Hortaliças, com o objetivo de avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo de solo sobre a produtividade e qualidade de frutos de melão amarelo, cultivar BRS Araguaia. Outro objetivo do experimento foi o de avaliar o comportamento de frações lábeis e estáveis da matéria orgânica do solo, bem como dos teores de carbono orgânico total, nos diferentes sistemas de manejo.



Foto: Carlos Eduardo Pacheco Lima

Figura 1. Casa de vegetação com milheto (*Pennisetum glaucum* L.) utilizado como planta de cobertura em experimento que objetivou avaliar os efeitos do uso do cultivo em ambiente protegido associado a diferentes sistemas de manejo sobre variáveis agrônômicas e frações da matéria orgânica dos solos.



Foto: Carlos Eduardo Pacheco Lima



Figura 2. Visão do experimento implementado, logo após o transplântio das mudas.

Foto: Carlos Eduardo Pacheco Lima



Figura 3. Visão do experimento aos 30 DAT.



Foto: Carlos Eduardo Pacheco Lima

Figura 4. Visão do experimento aos 40 DAT.



Foto: Carlos Eduardo Pacheco Lima

Figura 5. Visão do experimento aos 80 DAT.



Foto: Carlos Eduardo Pacheco Lima



Figura 6. Aspecto qualitativo dos frutos produzidos.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, tendo como tratamentos três sistemas de manejo de solo: 1 – sistema de plantio direto com palhada de milheto (*Pennisetum glaucum* L.) (SPD); 2 – sistema convencional de produção, em rotação com milheto e retirada total da palhada (SPC); 3 – sistema de preparo convencional, em rotação com milheto e incorporação subsuperficial da palhada (INC). As plantas foram conduzidas utilizando cordões de náilon, com uma haste. Foram mantidos apenas dois frutos por planta, e a polinização foi realizada manualmente. Todo o ciclo cultural ocorreu em telado, com dimensões de 7 m de largura x 50 m de comprimento x 3,5 m de altura, coberto com plástico transparente, em PVC de 150 micras e tela antiafídica. O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa. O clima local é do tipo Aw, na classificação de Köppen, tropical de savana com concentração de chuvas no verão. O experimento foi conduzido no período chuvoso, com vistas a verificar o potencial de produção em uma época adversa à produção da fruta na região. A nutrição dos meloeiros foi feita, exclusivamente, por fertirrigação, utilizando um sistema de gotejamento e dosador do tipo Venturi. Durante todo o ciclo de cultivo, foram efetuadas seis fertirrigações: 1 – aos 20 dias após o transplante (DAT), foram aplicados 42 g de ureia, 50 g de fosfato monoamônico (MAP) e 10 g de cloreto de potássio diluídos, na água



de irrigação; 2 – aos 28 DAT, foram aplicados 58 g de ureia, 50 g de MAP e 48 g de cloreto de potássio, diluídos na água de irrigação; 3 – aos 35 DAT, foram aplicados 96 g de ureia, 118 g de MAP e 110 g de cloreto de potássio, diluídos na água de irrigação; 4 – aos 42 DAT, foram aplicados 350 g de ureia, 424 g de MAP e 136 g de cloreto de potássio diluídos, na água de irrigação; 5 – aos 56 DAT, foram aplicados 732 g de ureia, 846 g de MAP e 304 g de cloreto de potássio aplicados, diluídos na água de irrigação; 6 – aos 63 DAT, foram aplicados 634 g de ureia, 814 g de nitrato de cálcio, 156 g de cloreto de potássio e 574 g de fosfato monopotássico (MKP) aplicados, diluídos na água de irrigação.

O SPD fundamenta-se pela ausência de revolvimento e/ou revolvimento mínimo do solo, na rotação de culturas e cobertura permanente do solo agrícola (FREITAS, 2002). Dessa forma, ele tem como benefícios ambientais, quando comparados aos sistemas convencionais, a manutenção da estrutura do solo (ASSIS; LANÇAS, 2010) e consequentes reduções dos processos erosivos e aumento de infiltração de água (HERNANI; FABRÍCIO, 1999), incremento nos estoques de matéria orgânica, biomassa microbiana (FIGUEIREDO et al. 2007; CARNEIRO et al., 2009) e nutrientes (SIQUEIRA NETO et al., 2010), redução da temperatura do solo, entre outros.

A ideia do uso do SPD foi, portanto, de reduzir os processos de degradação do solo, comumente observados em áreas de produção de hortaliças, ao passo que esse fato aumentaria o potencial produtivo do sistema agrícola. A degradação dos solos cultivados com hortaliças tem sido potencializada pelo alto revolvimento, comumente utilizado, pela ausência de uso de práticas conservacionistas e rotação de culturas, bem como pelo excesso de utilização de agroquímicos, entre outros. O sistema INC foi utilizado visando realizar um teste com um sistema intermediário, entre o SPD e o SPC.

Embora bastante difundido para grandes culturas, principalmente grãos, o uso do sistema de plantio direto para o cultivo de hortaliças ainda é pouco comum. Para Fayad e Mondardo (2004), o desenvolvimento de sistemas de plantio direto de hortaliças (SPDH) é um campo em crescente expansão, caracterizado pela menor mobilização, presença de resíduos culturais, na superfície do solo, e pela maior diversificação dos cultivos. Esse sistema visa melhorar a produtividade e conservação dos recursos naturais. Para que se consigam resultados plenos com o SPDH, é necessária a sucessão de culturas comerciais (hortaliças), com plantas de cobertura para a produção da palhada. Em diversos trabalhos que utilizaram o SPDH, comparativamente aos sistemas convencionais, têm sido mostrados



resultados que suportam a constatação de aumento da sustentabilidade dos sistemas produtivos de hortaliças, tais como: a redução da perda de solo por erosão (CAIXETA et al., 2009), redução da necessidade de água para irrigação (MAROUELLI et al., 2006; MAROUELLI et al., 2010) e controle de plantas espontâneas (KIELING et al., 2009), com manutenção de bons índices de produtividade.

No experimento citado, o cultivo de melão em ambiente protegido proporcionou que apenas duas pulverizações fossem feitas, ao longo do ciclo de cultivo, apesar de o experimento ter sido conduzido em época adversa à cultura. A primeira foi aos 17 DAT, visando ao controle de oídio, e a segunda, aos 28 DAT, objetivando o controle de pulgões. A maior produtividade foi observada para o SPD, com média de 62 kg ha⁻¹. Esse número foi cerca de 3% superior ao obtido no INC e 28% maior do que o observado no SPC. O número de frutos, por sua vez, foi maior no SPD e no INC. O peso médio dos frutos comerciais variou entre 870 g e 920 g, sem que houvesse efeito significativo entre os tratamentos. O teor de sólidos solúveis não diferiu estatisticamente para os três tratamentos, girando em torno dos 13 °Brix. Outras características como firmeza e espessura da polpa bem como comprimento longitudinal do fruto também não sofreram influência dos sistemas de manejo utilizados. Os melões produzidos, portanto, apresentaram alta qualidade, o que os credencia a nichos específicos de mercado, semelhante ao melão Amarelo tipo redinha, agregando valor ao produto final. Portanto, a integração do cultivo em ambiente protegido com o uso do sistema de plantio direto, como sistema de manejo de solo, proporcionou elevada produtividade, além da produção de frutos de alta qualidade.

Diversos trabalhos têm obtido resultados positivos quanto ao uso de coberturas de solo, sejam naturais ou sintéticas, sobre a produção de melão, tais como: Miranda et al. (2003), Silva et al. (2005), Câmara et al. (2007), Moraes et al. (2008; 2010), Braga et al. (2010) e Lourenção et al. (2013). Entretanto, aspectos qualitativos não têm sido comumente relacionados às coberturas e aos sistemas de manejo dos solos, dando a entender que devem estar associados, prioritariamente, às características genéticas de cada cultivar.

Processos, como redução da evaporação de água, menor amplitude térmica, ausência de contato direto do fruto com o solo, maior disponibilidade e menor lixiviação de nutrientes, menor ocorrência de plantas infestantes, entre outros, têm sido atribuídos as maiores produtividades alcançadas, por sistemas



de manejo que utilizem cobertura de solo (ARAÚJO et al., 2003). Teófilo et al. (2012) verificaram que o cultivo de melão, em sistema de plantio direto e/ou com cobertura plástica, reduziu a incidência de plantas daninhas bem como promoveu economia no uso de água, para irrigação. Além disso, o uso de coberturas vegetais decorrentes do uso do SPD apresenta menor custo ambiental, quando comparado com o uso de plásticos, para esse fim. Consequentemente, proporciona, além de uma efetiva rotação de culturas, melhoria da qualidade do solo e aumento da sustentabilidade.

Teófilo et al. (2012) também avaliaram o acúmulo de frações estáveis da matéria orgânica do solo, em função do sistema de manejo, fornecendo informações preliminares sobre a possibilidade desses sistemas atuarem como “sequestradores” de carbono e sobre comportamento desse elemento, ao longo do ciclo produtivo. Para tal, foram coletadas amostras de solos nas parcelas experimentais, nas camadas de 0-10 cm e de 10-30 cm, aos 0 DAT, 30 DAT, 60 DAT e 86 DAT (após a última colheita). O carbono orgânico total foi determinado por via úmida, pelo método Walkey-Black (EMBRAPA, 1997). As frações físicas quantificadas foram o carbono orgânico particulado (COP – fração lábil) e o carbono orgânico associado aos minerais (COAM – fração não lábil). O fracionamento foi realizado pelo método proposto por Cambardella e Elliot (1992), e o carbono da fração particulada foi determinado pelo método Walkey-Black. Posteriormente, o COP foi corrigido em função da textura do solo (COPc). O carbono orgânico associado aos minerais, por sua vez, foi determinado por diferença entre os teores de COT e COPc.

Os resultados do fracionamento físico da matéria orgânica permitiram inferir que os comportamentos das frações COPc e COAM, bem como de COT, foram diferentes, no decorrer do experimento. Assim, observou-se que os teores de COPc aumentaram entre a primeira e a terceira coleta de solos, quando o meloeiro apresentava pleno desenvolvimento vegetativo. Entretanto, na quarta coleta – quando o experimento estava encerrado, e as plantas, em senescência – foram observados os menores teores de COPc, entre todos os registrados nas coletas anteriores. Esses resultados ressaltam a labilidade dessa fração, o que a torna sensível às alterações de manejo e ao aporte de matéria orgânica no curto prazo, fortemente associados à presença de material vegetal com baixo nível de degradação. Os resultados obtidos para COT foram semelhantes aos de COPc, o que pode significar que, de modo geral, quando intervalos curtos de tempo são



considerados, os teores de COT são muito dependentes da adição de matéria orgânica lábil.

De modo contrário ao observado para COPc, os teores de COAM aumentaram continuamente entre a primeira e a quarta coleta, refletindo sua elevada estabilidade. Esses resultados foram válidos para ambas as profundidades avaliadas. A fração COAM foi predominante nas duas camadas, correspondendo, em média, a cerca de 75% da matéria orgânica total no SPD, 73% no SPC e 77% no INC, na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-30 cm, cerca de 77% da matéria orgânica total no SPD correspondeu à fração COAM, assim como 76% no SPC e 77% no INC. Então, para o solo avaliado, a maior parte da matéria orgânica presente se encontrava em formas mais estáveis, e incrementos de curto prazo ocorreram, principalmente, pelo acúmulo de frações lábeis. Entretanto, com base na literatura, em períodos longos de adoção de sistemas conservacionistas, existe uma forte tendência à humificação do material orgânico, levando ao acúmulo de frações estáveis.

Para a camada de 0-10 cm, o SPD foi eficiente para a elevação das duas frações avaliadas, ao longo das quatro coletas realizadas, assim como para os teores de COT. Entretanto, os teores de COAM, mantidos pelos sistemas de manejo, não foram diferentes, evidenciando que o principal efeito da adoção do SPD foi a elevação dos teores de COPc, que, por sua vez, foi o principal promotor de incrementos dos teores de COT. Resultados intermediários foram encontrados para o INC, enquanto os piores resultados foram observados para o SPC. Inclusive, esse apresentou, para as duas camadas avaliadas, um decréscimo dos teores de COT, entre a primeira e a quarta coleta, enquanto houve estabilidade no INC e aumento no SPD.

Considerações finais

A associação entre o cultivo do meloeiro em ambiente protegido e a adoção de sistemas conservacionistas de manejo de solo, com foco no sistema de plantio direto, tem sido trabalhada pela equipe da Embrapa Hortaliças, nas condições edafoclimáticas do Cerrado. Resultados preliminares permitiram observar elevado potencial produtivo, com a obtenção de frutos de qualidade superior. Também foi observado que o SPD foi capaz de, no curto prazo, aumentar os teores de frações lábeis da matéria orgânica dos solos, sem, contudo, promover o aumento de frações não lábeis.



Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2012. Edição Especial. Brasília, DF, 2012. 215 p.
- ARAÚJO, A. P.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; PEDROSA, J. F.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; FERREIRA, R. L. F.; NOGUEIRA, I. C. C. Rendimento do melão amarelo cultivado em diferentes tipos de cobertura do solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 123-126, 2003.
- ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Agregação de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 58-66, 2010.
- BRAGA, M. B.; RESENDE, G. M.; MOURA, M. S. B.; DIAS, R. C. S.; COSTA, N. D.; CALGARO, M.; CORREIA, J. S.; SILVA, F. Z. Produtividade e qualidade do melão submetido a diferentes tipos de cobertura do solo. **Irriga**, v. 15, p. 422-430, 2010.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Estimas anuais de emissão de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF, 2013. 80 p.
- CAIXETA, R. P.; ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R.; ABDALLA, R. P. **Perdas de água, solo, nutrientes e matéria orgânica em área cultivada com cebola sob diferentes sistemas de manejo do solo**. Brasília, DF : Embrapa Hortaliças, 2009. 20p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 51).
- CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z.; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR A. P. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v. 37, p. 58-63, 2007.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 77-783, 1992.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 147-157, 2009.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.
- CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. **Nature**, v. 415, p. 23, 2002.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.



FAYAD, J. A.; MONDARDO, M. **Sistema de plantio direto de hortaliças**: o cultivo do tomateiro no Vale do Rio do Peixe, SC. Florianópolis: EPAGRI, 2004. 53p. (EPAGRI. Boletim Didático, 57).

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 551-562, 2007.

FREITAS, P. L. Sustentabilidade: harmonia com a natureza. **Agroanalysis**, v. 22, p. 12-17, 2002.

FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, S. S.; REZENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, p. 707-717, 2005.

GUALBERTO, R.; RESENDE, F.V.; LOSASSO, P. H. L. Produtividade e qualidade do melão rendilhado em ambiente protegido em função do espaçamento e sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 240-243, 2001.

HAMADA, E.; GHINI, R.; MARENGO, J. A.; THOMAZ, M. C. Projeções de mudanças climáticas para o Brasil no final do século XXI. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 41-74.

HERNANI, L. C.; FABRÍCIO, A. C. **Perdas de solo e água pó erosão**: dez anos de pesquisa. Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 12 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014**: Synthesis Report. Geneva, 2014. 151 p. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Summary for Policymakers**. Cambridge, 2013. 28 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Synthesis Report**: Summary for Policymakers. Cambridge, 2014. 40 p.

JUKNYS, R.; Januškaitienė, I.; Dikšaitytė, A.; Šliumpaitė, I. Impact of warming climate on barley and tomato growth and photosynthetic pigments. **Biologija**, v. 58, n. 2, p. 87-97, 2012.

KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; LANA, M. A.; LOVATO, P. E. Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2207-2209, 2009.

LOURENÇÃO, W. A. P.; SEABRA JUNIOR, S.; NEVES, J. F.; DIAS, L. D. E.; NODARI, I. D. E. Produção de melão amarelo sob coberturas de solo e cultivo convencional em Cáceres-MT. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 5., 2013, Cáceres. **Anais...** Cáceres: UNEMAT - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, 2013. v. 8.



MARQUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, R. F. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, p. 369-375, 2010.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; MADEIRA, N. R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 1399-1404, 2006.

MARUYAMA, W. I.; BRAZ, L. T.; CECÍLIO FILHO, A. B. Condução de melão rendilhado sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 175-178, 2000.

MAVROGIANOPOULOS, G. N.; SPANAKIS, J.; TSICALAS, P. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield melon. **Scientia Horticulturae**, v. 79, p. 51-63, 1999.

MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; ALVES, L. P. Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico preto e ao preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 490-493, 2003.

MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; NEGREIROS, M. Z.; ARAÚJO JÚNIOR, B. B. Crescimento e produtividade do meloeiro Torreon influenciado pela cobertura do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, p. 301-308, 2010.

MORAIS, E. R. C.; NEGREIROS, M. Z.; ARAÚJO JÚNIOR, B. B.; MEDEIROS, J. F. Crescimento e produtividade do meloeiro Goldex influenciado pela cobertura do solo. **Scientia Agraria**, v. 9, p. 129-137, 2008.

RAY, D. K.; MUELLER, N. D.; WEST, P. C.; FOLEY, J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. **Plos one**, v. 8, p. 1-9, 2013.

ROCKSTROM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SORLIN, S.; SNYDER, P. K.; CONSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKINMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475, 2009.

SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, V. F. Produtividade de frutos de meloeiro sob diferentes níveis de salinidade de água de irrigação com e sem cobertura do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 202-205, 2005.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; VEZKE, S. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 4, p. 923-936, 2010.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F.; FERNANDES, D.; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. Q.; RODRIGUES, A. P. M. S. Eficiência do uso da água e interferência de plantas daninhas



no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 30, p. 547-556, 2012.

VARGAS, P. F.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 137-142, 2008.

ZALASIEWICZ, J.; WILLIAMS, M.; STEFFEN, W.; CRUTZEN, P. The new world of the Anthropocene. **Environmental Science & Technology**, v. 44, p. 2228-2231, 2010.

Capítulo • 5

Viabilidade econômica de sistemas convencionais e conservacionistas de cultivo de melão no Polo Jaguaribe-Açu

Pedro Felizardo Adeodato de Paula Pessoa

Márcio Gledson Oliveira da Silva

Carlos Wagner Castelar Pinheiro Maia

Introdução

Para fazer frente aos condicionantes impostos pelo processo da globalização da economia mundial, o setor agrícola brasileiro passou, nas últimas décadas, por profundas modificações, mediante o maior uso de insumos químicos, máquinas e sementes melhoradas, entre outras tecnologias voltadas para uma maior eficiência econômica dos sistemas de cultivo. Como resultado dessas mudanças tecnológicas, houve um expressivo aumento na produção de alimentos, tornando o agronegócio o segmento da economia que mais gera divisas para o Brasil.

Segundo Barros (2006), a sociedade brasileira tem se beneficiado, de várias maneiras, do desempenho que o agronegócio vem apresentando, desde a década de 1990. O autor destaca que os ganhos de produtividade promoveram reduções nos custos de produção, repassadas ao consumidor na forma de preços mais acessíveis. Acrescenta que, mesmo durante as turbulências das sucessivas crises internacionais, o agronegócio brasileiro vem gerando substanciais superávits comerciais, permitindo a solvência do País e inéditas reduções da dívida externa brasileira.

Em contrapartida, é notório que as mudanças nos sistemas de cultivo promoveram severos danos no meio ambiente, mediante a contaminação das águas, o desmatamento, a desertificação, a perda de biodiversidade, a erosão dos solos, entre outros impactos relacionados a questões como o aquecimento global.



Diante dos danos incorridos e suas implicações futuras, é crescente a preocupação com a escassez dos recursos naturais e a degradação do meio ambiente. Como consequência, as questões ambientais deixaram de ser exclusivas dos ecologistas e passaram a ser temas estratégicos e prioritários nos planejamentos voltados para a sustentabilidade econômica de qualquer atividade empresarial, incluindo o setor agrícola. Nesse respeito, Deegan e Rankin (1997) e Magness (2006) advertem que, para as empresas garantirem as suas sobrevivências e crescimentos, é necessário que tenham a aprovação da sociedade. Para tanto, precisam demonstrar que geram e distribuem benefícios econômicos e sociais e que investem na preservação e no reparo dos danos causados ao meio ambiente.

Uma evidência dos esforços corporativos com as questões ambientais e sociais é o aumento da procura por certificações de qualidade e/ou procedência dos produtos e os procedimentos gerenciais e operacionais correlatos. Dentre eles, podem ser citados a ISO 14001 (conjunto de normas para a gestão ambiental) e os selos do comércio justo (*fair trade*), este último, um dos pilares da economia solidária.

De forma complementar ao esforço das empresas, é crescente o apoio da sociedade e dos governos para que mudanças tecnológicas mitigadoras de efeitos climáticos sejam implementadas. Por exemplo, o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) oferece linhas de crédito especiais para práticas agrícolas de baixa emissão de carbono, como adubação verde e plantio direto.

Nesse contexto, a busca permanente por sistemas de cultivo que promovam ganhos econômicos e que atenuem os efeitos climáticos é de extrema importância para o crescimento de forma sustentável do agronegócio brasileiro. A adoção desses sistemas implicará o atendimento aos requisitos impostos pelos mercados, na adequação ou antecipação às regulamentações governamentais e, em última análise, na contribuição para a construção da imagem da empresa, fator primordial para sua sustentação nos mercados almejados.

Em virtude da importância do melão para a economia da região Nordeste (BRAGA SOBRINHO et. al., 2008), pretende-se identificar para essa cultura sistemas conservacionistas de produção que sejam economicamente viáveis. Nesse sentido, este capítulo avalia coeficientes técnicos e econômicos de sistemas convencionais e conservacionistas de cultivo de melão em um experimento instalado no polo agrícola Jaguaribe-Açu. Será analisada a viabilidade econômica



desses sistemas, detalhando os investimentos requeridos, a composição das receitas brutas e os custos de produção dos sistemas mais rentáveis.

Caracterização da área experimental

O estudo foi conduzido na empresa Fazenda Agrícola Famosa, nos anos de 2011, 2012 e 2013. A empresa está situada entre os municípios de Tibau, RN, e Icapuí, CE, localizada a 4°52'4.13" de latitude Sul e 37°20'16.94" de longitude Oeste.

Os sistemas de cultivo de melão avaliados foram: convencionais (5 e 17, cuja vegetação espontânea é removida antes do plantio do melão) e conservacionistas, baseados no plantio de adubos verdes, com incorporação da cobertura vegetal antes do plantio do melão (AVCI) e sem incorporação da cobertura com o plantio do melão realizado sobre a palhada (AVSI) (Tabela 1). Antes da semeadura das espécies destinadas à adubação verde, foi retirada toda a vegetação da área, com exceção das subparcelas dos tratamentos mantidos com vegetação espontânea (5 e 17).

Tabela 1. Descrição dos sistemas de cultivo.

Código	Sistema de plantio ⁽¹⁾	Sistema de cultivo
1	AVSI	Crotalária
2	AVSI	Milheto
3	AVSI	Crotalária + milheto
4	AVSI	Milho + braquiária
5	Convencional	Vegetação espontânea + composto + filme de polietileno
6	AVSI	Solo mantido sem vegetação
7	AVSI	Vegetação espontânea
8	AVSI	Guandu
9	AVSI	Guandu + milheto
10	AVSI	Feijão-de-porco
11	AVSI	Feijão de porco + milheto
12	AVSI	Solo sem retirar a cobertura + milho + braquiária + filme de polietileno

Continua...

**Tabela 1.** Continuação

Código	Sistema de plantio ⁽¹⁾	Sistema de cultivo
13	AVCI	Crotalária
14	AVCI	Milheto
15	AVCI	Crotalária + milheto
16	AVCI	Milho + braquiária
17	Convencional	Vegetação espontânea + composto + filme de polietileno
18	AVCI	Solo mantido sem vegetação
19	AVCI	Vegetação espontânea
20	AVCI	Guandu
21	AVCI	Guandu + milheto
22	AVCI	Feijão-de-porco
23	AVCI	Feijão-de-porco + milheto
24	AVCI	Solo sem retirar a cobertura + milho + braquiária + filme de polietileno

⁽¹⁾ AVCI: Adubação verde com incorporação da cobertura vegetal; AVSI: Adubação verde sem incorporação da cobertura vegetal.

Foi realizado o cultivo do meloeiro em 3 anos seguidos. No preparo da área, no pré-plantio do melão, foram realizadas as semeaduras da cultura do milho em consórcio com *Brachiaria brizanta* cv. Marandu, nos dias 18/04/2011, 15/05/2012 e 06/06/2013, respectivamente, para o 1º, 2º e 3º anos de cultivo. A semeadura da forrageira foi realizada na linha do milho e entre as fileiras, juntamente com o fertilizante. Após a colheita do milho, a forrageira cresceu livremente até próximo ao transplântio das mudas de melão, quando foi feita a dessecação 30 dias antes do plantio do melão. Devido ao ciclo mais curto, as demais espécies destinadas à adubação verde foram semeadas nos dias 15/05/2011, 09/08/2012 e 11/07/2013. A semeadura da cultura do milho e das plantas da adubação verde foi realizada utilizando uma plantadeira manual (manual), de modo a obter diferentes arranjos (Tabela 2).

Foi utilizado o esquema de parcelas subdivididas em um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental (parcela) continha uma área de 6 m por 6 m, sendo compostas por dois sistemas de preparo do solo: AVCI e AVSI. No sistema AVSI, houve a



dessecação das plantas de cobertura do solo com herbicida, sendo a palhada mantida sobre o solo. As subparcelas foram formadas por 12 combinações de plantas para adubação verde, incorporadas (AVCI) ou não (AVSI) ao solo (Tabela 1).

Tabela 2. Arranjo de plantas das culturas solteiras ou em consórcio.

Cultura	Espaçamento entre linhas (cm)	Sementes por metro linear	Nº de linhas
Feijão-de-porco	50	10	13
Crotalaria	25	30	25
Feijão-guandu	50	25	13
Milheto	25	50	25
Crotalaria + milho	25 e 25	30 e 50	6 linhas duplas de milho / 6 linhas duplas de crotalaria
Feijão-guandu + milho	50 e 50	25 e 50	5 linhas simples de milho / 4 linhas duplas de feijão-guandu
Feijão-de-porco + milho	50 e 50	10 e 50	5 linhas simples de milho / 4 linhas duplas de feijão-de- porco

Os adubos verdes foram dessecados por ocasião do florescimento, quando foi aplicada uma mistura dos herbicidas glyphosate e 2,4-D, nas doses de 1,8 L ha⁻¹ do i.a. (5,0 L ha⁻¹ do produto comercial Glifosato) e 1,0 L ha⁻¹ do i.a. (5,0 L ha⁻¹ do produto comercial DMA 806), respectivamente.

Antes do transplante do melão, no sistema AVCI, foi realizada a incorporação dos materiais utilizando uma grade aradora, enquanto, no sistema AVSI, as plantas foram tombadas, permanecendo sobre o solo. Na sequência, no sistema AVCI, foi feito o levantamento dos canteiros, colocação das fitas gotejadoras e do filme de polietileno, nas linhas de plantio. Já nos sistemas AVSI, as linhas de irrigação foram dispostas sobre a palhada, sem o uso de *mulching* plástico, com exceção dos tratamentos 5 e 12.

Cada unidade experimental foi composta por três fileiras de melão com 6 m de comprimento, espaçadas entre si por 2,0 m, com espaçamentos entre



plantas de 0,35 m. Como área útil, foi considerada a fileira central, descartando duas plantas em cada extremidade.

Os respectivos plantios de meloeiro ocorreram em 28 de outubro de 2011, 13 de novembro de 2012 e 09 de outubro de 2013 por meio do transplântio de mudas, produzidas em bandejas de poliestireno expandido, com 200 células. Foi utilizado o híbrido 'Goldex', que possui ciclo médio de 70 dias, boa produtividade e frutos uniformes, com baixo índice de descarte e alto teor de sólidos solúveis.

A cultura foi irrigada por gotejamento utilizando emissores com vazão de $1,7 \text{ L h}^{-1}$, espaçados de 0,35 m.

As adubações foram realizadas por meio de fertirrigações, com base na análise química do solo e nas exigências nutricionais da cultura, utilizando $137,2 \text{ kg ha}^{-1}$ do fertilizante mineral Amiorgan®, $152,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2SO_4 , $51,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $38,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de biofertilizante, $1,98 \text{ kg ha}^{-1}$ de ácido fosfórico e $213,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de KNO_3 , seguindo as recomendações da empresa produtora de melão.

Ao longo do ciclo, as práticas culturais foram constituídas por capinas manuais, nos tratamentos com capinas e catações manuais. Nos demais tratamentos, foram realizadas pulverizações com fungicidas e inseticidas, conforme a necessidade, de acordo com as observações realizadas *in loco*.

O ano de 2011, foi favorável a produção de melão, pois houve chuvas regulares, quebrando o ciclo das principais pragas e renovando a água dos poços utilizados para irrigação. Nos anos de 2012 e 2013, aconteceram alguns fatos prejudiciais, como a falta de chuvas regulares, não ocasionando quebra do ciclo das principais pragas do melão nem renovação das águas dos poços utilizados para irrigação, sendo necessária a mistura com água de poços salinos. Nesse contexto, as análises de viabilidade econômica dos sistemas de cultivo em estudo foram realizadas considerando uma situação média, baseada nos coeficientes técnicos dos anos 2011, 2012 e 2013, em três cenários alternativos:

- Favorável: com dados de insumos e produção de 2011.
- Adverso: com dados médios de insumos e produção dos anos 2012 e 2013.
- Esperado: elaborado com base na opinião de especialistas sobre a probabilidade de ocorrer os cenários favorável e adverso. Assim, foi considerado que o cenário favorável tem uma probabilidade de ocorrência de 60% e, consequentemente, o cenário adverso, de 40%.



Viabilidade econômica

Estudos sobre viabilidade econômica de alternativas de investimento são de grande relevância, uma vez que fornecem informações determinantes para a tomada de decisão dos detentores de capital. Nesse sentido, Lima et. al. (2013) afirmam que as informações derivadas das análises de viabilidade econômica são indispensáveis para a validação de uma oportunidade de investimento.

Nos estudos de viabilidade econômica de alternativas de investimento, podem ser utilizadas diversas métricas, das mais simples até as mais complexas. No entanto, a finalidade básica desses instrumentos é apenas fornecer um indicador de rentabilidade que possa ser comparado com as rentabilidades das alternativas oferecidas pelo mercado financeiro.

Em virtude de sua simplicidade, popularidade e facilidade de interpretação, neste trabalho foi utilizado o retorno sobre o investimento (ROI) (Tabela 3). Segundo Wernke (2008), o ROI mostra a rentabilidade obtida com o investimento aplicado, ou seja, o retorno gerado para cada unidade monetária investida (ASSAF NETO, 2008). Gitman (2010) afirma que o ROI mensura a eficiência global da empresa em gerar lucros com seus ativos disponíveis.

O ROI é calculado de acordo com a Equação 1:

$$\text{ROI} = (\text{Lucro} / \text{Investimento total}) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

O investimento total é composto pelo investimento fixo e pelo investimento em capital de giro. O lucro é obtido de acordo com a Equação 2:

$$\text{Lucro} = \text{Receita bruta} - \text{Custo de produção} \quad (\text{Eq. 2})$$

Conforme o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE/PR, 2014), para que uma alternativa de investimento seja atrativa, é necessário que apresente uma rentabilidade que compense seus riscos. Recomenda-se uma rentabilidade superior em duas ou três vezes as rentabilidades oferecidas pelas alternativas de investimento de baixo risco, por exemplo, a caderneta de poupança. Como o rendimento da caderneta de poupança gira em torno de 6,5% ao ano, foram considerados como rentabilidade satisfatória os sistemas de cultivo com ROI superior a 20% ao ano.



Tabela 3. Rentabilidade média dos sistemas de cultivo no triênio 2011-2013, considerando o retorno sobre o investimento (ROI).

Sistema de cultivo	Custo de produção (R\$/ha ⁻¹)	Investimento total (R\$/ha ⁻¹)	Receita bruta (R\$/ha ⁻¹)	Lucro (R\$/ha ⁻¹)	ROI (%)
1	17.929,71	33.138,66	15.628,07	-2.301,64	-6,95
2	17.126,69	32.408,64	16.824,55	-302,14	-0,93
3	17.528,20	32.773,65	14.154,38	-3.373,82	-10,29
4	18.269,86	33.447,89	24.330,46	6.060,60	18,12
5	17.297,57	33.163,99	16.055,42	-1.242,15	-3,75
6	19.156,03	25.956,31	7.679,51	-11.476,52	-44,21
7	15.195,69	30.653,19	15.019,34	-176,36	-0,58
8	17.338,38	32.601,08	12.108,49	-5.229,88	-16,04
9	17.232,53	32.504,86	13.961,27	-3.271,27	-10,06
10	20.012,51	35.032,11	12.557,31	-7.455,19	-21,28
11	18.569,60	33.720,38	11.317,32	-7.252,28	-21,51
12	18.400,12	33.731,71	32.904,08	14.503,96	43,00
13	18.167,57	25.657,72	19.086,96	919,38	3,58
14	17.364,56	24.927,70	21.543,91	4.179,36	16,77
15	17.766,07	25.292,71	21.690,93	3.924,86	15,52
16	18.507,73	25.966,95	33.764,65	15.256,92	58,76
17	17.006,80	24.602,47	19.878,60	2.871,80	11,67
18	18.920,93	26.342,65	19.542,99	622,06	2,36
19	16.845,04	23.855,41	10.643,65	-6.201,39	-26,00
20	17.576,24	25.120,15	21.449,12	3.872,87	15,42
21	17.470,40	25.023,92	18.218,70	748,30	2,99
22	20.250,37	27.551,17	26.245,15	5.994,77	21,76
23	18.807,47	26.239,44	18.820,44	12,98	0,05
24	18.109,35	25.170,19	35.959,08	17.849,73	70,92



Conforme salientado, nos anos de 2012 e 2013, ocorreram fatos cíclicos que prejudicaram o desempenho produtivo do melão. Dessa forma, foram calculadas as rentabilidades dos sistemas de cultivo com cenário favorável (Tabela 4) e adverso (Tabela 5).

Apenas quatro sistemas alternativos de produção tiveram rentabilidades satisfatórias (Tabela 3). Dentre eles, merecem destaques as altas rentabilidades dos sistemas 24 (AVCI: solo sem retirar a cobertura + milho + braquiária + filme de polietileno), 16 (AVCI: adubação verde: milho + braquiária) e 12 (AVSI: solo sem retirar a cobertura + milho + braquiária + filme de polietileno).

O sistema de cultivo 24 retorna de lucro, em 1 ano, R\$ 70,92 para cada R\$ 100,00 de investimento. Comparando essa taxa de rentabilidade (70,92% ao ano) com as oferecidas pelo mercado financeiro, que não chegam a 12% ao ano, fica evidenciada a alta atratividade econômica dessa alternativa de investimento.

Outro resultado merecedor de registro foi o desempenho negativo dos sistemas AVSI, exceto o sistema 12, que apresentou rentabilidade satisfatória.

Já o sistema convencional (17 – AVCI: vegetação espontânea + composto + filme de polietileno) apresentou rentabilidade de apenas 11,67% ao ano.

No cenário favorável apresentado (Tabela 4), a maioria dos sistemas AVSI continuou apresentando baixo desempenho econômico, pois apenas os sistemas 4, 7 e 12 obtiveram rentabilidades satisfatórias. Já os sistemas AVCI apresentaram excelente desempenho econômico, visto que apenas o sistema 19 não obteve rentabilidade satisfatória. Nesse cenário, o sistema convencional (17) apresentou rentabilidade de 59,69% ao ano, evidenciando alta atratividade econômica. Por outro lado, no cenário adverso (Tabela 5), apenas os sistemas 12, 16 e 24 apresentam rentabilidades satisfatórias.

A análise do cenário esperado, em conjunto com os cenários favorável e adverso, para o sistema convencional (17) e os sistemas conservacionistas mais rentáveis (12, 16 e 24) demonstrou que o sistema de cultivo 24 apresentou a maior rentabilidade ($((60\% \times 117,90\%) + (40\% \times 45,66\%)) = 89,00\%$). Constata-se ainda que, entre os sistemas mais rentáveis (24 e 16) e o sistema 17 (convencional), não há grandes diferenças nos custos de produção e nos investimentos totais. Ainda vale destacar a rentabilidade satisfatória obtida pelo sistema de cultivo convencional (31,90% ao ano), no cenário esperado.



Tabela 4. Rentabilidade dos sistemas de cultivo em 2011 (cenário favorável), considerando o retorno sobre o investimento (ROI).

Sistema de cultivo	Custo de produção (R\$ ha ⁻¹)	Investimento total (R\$ ha ⁻¹)	Receita bruta (R\$ ha ⁻¹)	Lucro (R\$ ha ⁻¹)	ROI (%)
1	17.663,81	32.896,93	22.601,03	4.937,22	15,01
2	16.686,24	32.008,23	22.288,21	5.601,97	17,50
3	17.175,02	32.452,58	21.749,77	4.574,75	14,10
4	17.967,26	33.172,80	25.251,79	7.284,53	21,96
5	16.855,30	32.761,93	21.624,16	4.768,86	14,56
6	19.155,47	25.955,80	13.012,84	-6.142,62	-23,67
7	14.712,89	30.214,28	22.305,43	7.592,54	25,13
8	16.898,60	32.201,29	18.424,26	1.525,65	4,74
9	16.792,42	32.104,76	22.541,50	5.749,08	17,91
10	20.132,26	35.140,98	17.848,84	-2.283,42	-6,50
11	18.409,25	33.574,60	18.308,25	-101,00	-0,30
12	18.038,04	33.402,54	35.888,75	17.850,72	53,44
13	17.686,94	25.220,78	32.410,50	14.723,56	58,38
14	16.709,37	24.332,08	32.182,27	15.472,90	63,59
15	17.198,16	24.776,43	34.665,58	17.467,43	70,50
16	17.990,39	25.496,64	42.088,98	24.098,59	94,52
17	16.409,28	24.059,27	30.770,70	14.361,42	59,69
18	18.574,52	26.027,67	30.055,83	11.481,31	44,11
19	16.384,15	23.436,43	19.270,88	2.886,72	12,32
20	16.921,73	24.525,13	35.076,32	18.154,59	74,02
21	16.815,55	24.428,61	29.756,17	12.940,62	52,97
22	20.155,39	27.464,82	37.447,81	17.292,42	62,96
23	18.432,38	25.898,45	30.972,49	12.540,11	48,42
24	17.592,01	24.699,88	46.712,92	29.120,91	117,90

**Tabela 5.** Rentabilidade dos sistemas de cultivo no biênio 2012-2013 (cenário desfavorável), considerando o retorno sobre o investimento (ROI).

Sistema de cultivo	Custo de produção (R\$ ha)	Investimento total (R\$ ha)	Receita Bruta (R\$ ha)	Lucro (R\$ ha)	ROI (%)
1	17.707,19	32.936,37	15.879,46	-1.827,74	-5,55
2	17.340,92	32.603,40	12.241,06	-5.099,86	-15,64
3	17.687,82	32.918,76	10.622,64	-7.065,18	-21,46
4	18.415,00	33.579,83	23.318,06	4.903,06	14,60
5	17.519,97	33.366,17	13.527,15	-3.992,82	-11,97
6	19.235,09	26.028,19	5.336,99	-13.898,11	-53,40
7	15.438,82	30.874,22	11.466,77	-3.972,05	-12,87
8	17.006,64	32.299,51	9.303,62	-7.703,03	-23,85
9	17.475,53	32.725,77	9.951,44	-7.524,09	-22,99
10	19.953,98	34.978,90	10.009,49	-9.944,49	-28,43
11	18.647,45	33.791,15	7.936,55	-10.710,90	-31,70
12	18.574,92	33.890,61	31.351,39	12.776,47	37,70
13	18.378,66	25.849,62	12.589,16	-5.789,50	-22,40
14	17.684,88	25.218,90	9.260,71	-8.424,17	-33,40
15	18.031,77	25.534,26	15.375,79	-2.655,98	-10,40
16	18.758,95	26.195,33	29.791,39	11.032,44	42,12
17	17.305,63	24.874,13	14.871,50	-2.434,13	-9,79
18	19.096,72	26.502,40	14.509,87	-4.586,86	-17,31
19	17.075,23	24.064,68	6.878,24	-10.196,99	-42,37
20	17.954,09	25.463,64	14.874,76	-3.079,33	-12,09
21	17.819,48	25.341,27	12.698,89	-5.120,59	-20,21
22	20.297,93	27.594,41	20.522,58	224,65	0,81
23	18.991,41	26.406,66	12.998,67	-5.992,73	-22,69
24	18.360,57	25.398,58	29.957,01	11.596,43	45,66



Uma vez sintetizados os desempenhos econômicos de cada sistema de cultivo, apresenta-se a seguir a análise sobre suas expectativas de risco (Tabela 7). Gitman (2010) utiliza o conceito de risco como a incerteza de retorno de um dado investimento. Esse risco foi obtido pela diferença entre a previsão de retorno mais otimista (cenário favorável) e a mais pessimista (cenário adverso) (Tabela 6). Quanto maior a diferença entre os valores extremos, maior o risco do sistema.

Ao relacionar o risco e o investimento realizado, observa-se que o sistema 12 apresentou o menor risco (15,74%), embora o seu investimento seja, aproximadamente, 34% superior à média dos demais. Dentre os sistemas que requerem menores investimentos, destacou-se o sistema 16, por apresentar o menor risco.

Mesmo tendo o risco mais elevado (72,24%), o sistema 24 continua sendo a melhor opção, uma vez que propicia a melhor expectativa de retorno, mesmo no cenário adverso. Outra vantagem desse sistema é o baixo investimento requerido. O sistema 17 (convencional) apresentou o segundo maior risco.

Tabela 6. Desempenho econômico dos sistemas de cultivo mais rentáveis e do convencional, em diferentes cenários.

Indicador	Cenário	Sistema de cultivo			
		Sistema 12	Sistema 16	Sistema 24	Sistema 17
Retorno sobre o Investimento (ROI) (%)	Favorável	53,44	94,52	117,90	59,69
	Adverso	37,70	42,12	45,66	-9,79
	Esperado	47,14	73,56	89,00	31,90
Custo de produção (R\$ ha ⁻¹)	Favorável	18.038,04	17.990,39	17.592,01	16.409,28
	Adverso	18.574,92	18.758,95	18.360,57	17.305,63
	Esperado	18.252,79	18.297,82	17.899,44	16.767,82
Investimento total (R\$ ha ⁻¹)	Favorável	33.402,54	25.496,64	24.699,88	24.059,27
	Adverso	33.890,61	26.195,33	25.398,58	24.874,13
	Esperado	33.597,77	25.776,12	24.979,36	24.385,21
Receitas brutas (R\$ ha ⁻¹)	Favorável	35.888,75	42.088,98	46.712,92	30.770,70
	Adverso	31.351,39	29.791,39	29.957,01	14.871,50
	Esperado	34.073,81	37.169,95	40.010,56	24.411,02

**Tabela 7.** Estimativa de risco dos sistemas de cultivo mais rentáveis e do convencional.

Indicador	Cenário	Sistema de cultivo			
		Sistema 12	Sistema 16	Sistema 24	Sistema 17
Retorno sobre o investimento (ROI) (%)	Favorável	53,44	94,52	117,90	59,69
	Adverso	37,70	42,12	45,66	-9,79
	Risco	15,74	52,40	72,24	69,48
Investimento total (R\$ ha ⁻¹)	Favorável	33.402,54	25.496,64	24.699,88	24.059,27
	Adverso	33.890,61	26.195,33	25.398,58	24.874,13
	Esperado	33.597,77	25.776,12	24.979,36	24.385,21

Investimento total

O investimento total é composto pelos investimentos fixos e pelo investimento em capital de giro. Os investimentos fixos correspondem aos gastos com bens, serviços e insumos necessários para a implantação dos sistemas de cultivo. Portanto, servem para mais de um ciclo produtivo. Fazem parte desse tipo de investimento os recursos financeiros gastos com instalações, máquinas, equipamentos, preparo de área, entre outros. Os investimentos fixos são realizados pontualmente, em determinados períodos; no entanto, são consumidos de forma contínua, mediante o processo de depreciação, o que ocorre ao longo de suas respectivas vidas úteis. Portanto, a depreciação é o custo decorrente dos investimentos fixos e faz parte do custo de produção.

O investimento em capital de giro é o montante dos recursos financeiros necessário para o custeio dos sistemas de cultivo, ou seja, é o dinheiro necessário para os pagamentos (insumos e serviços) que ocorrem antes do recebimento das vendas. Assim, sua função é garantir o suprimento das necessidades de insumos e serviços dos sistemas de cultivo.

O maior investimento fixo foi requerido pelo sistema 12 (Tabela 8). Esse resultado é decorrente da aquisição de rolo faca e matraca para o sistema AVSI. Com isso, sua superioridade em relação aos outros sistemas gira em torno de 34%. Nos sistemas AVCI 16, 24 e 17, não há diferenças significativas nos investimentos requeridos.



Tabela 8. Investimento total dos sistemas de cultivo mais rentáveis e do convencional.

Discriminação	Unid.	Valor (R\$/Unid)	Sistemas de cultivo							
			Sistema 12		Sistema 16		Sistema 24		Sistema 17	
			Unid	R\$	Unid.	R\$	Unid	R\$	Unid.	R\$
Investimento fixo										
Rolo faca	unid.	8.850,00	1,00	8.850,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Matraca para plantio	unid.	135,20	1,00	135,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Filme de polietileno	m	0,22	5.000,00	1.100,00	5.000,00	1.100,00	5.000,00	1.100,00	5.000,00	1.100,00
Manta	m	0,30	5.000,00	1.500,00	5.000,00	1.500,00	5.000,00	1.500,00	5.000,00	1.500,00
Limpeza da área	Hd	34,42	0,00	0,00	23,15	796,76	0,00	0,00	23,15	796,76
Suporte da manta	unid.	0,90	2.500,00	2.250,00	2.500,00	2.250,00	2.500,00	2.250,00	2.500,00	2.250,00
Sistema de irrigação	unid.	6.000,00	1,00	6.000,00	1,00	6.000,00	1,00	6.000,00	1,00	6.000,00
SubTotal				19.835,20		11.646,76		10.850,00		11.646,76
Capital de giro										
Capital				13.896,51		14.320,19		14.320,19		12.955,71
TOTAL				33.731,71		25.966,95		25.170,19		24.602,47



As depreciações são calculadas mediante o método linear que consiste em dividir os investimentos fixos pelas suas vidas úteis (NORONHA, 1987). Com relação aos sistemas AVCI, o sistema 24 foi o que apresentou menor depreciação (Tabela 9), visto que não há gasto com limpeza de área. Observa-se também que o sistema AVSI 12 foi o que apresentou o maior custo com depreciação. Conforme explicitado, esse fato é decorrente da necessidade de aquisição de rolo faca e matraca.

Tabela 9. Depreciação do investimento fixo dos sistemas de cultivo mais rentáveis e do convencional.

Discriminação	Vida útil (anos)	Sistema de cultivo			
		Sistema 12	Sistema 16	Sistema 24	Sistema 17
		(R\$)			
Rolo faca	12	737,50	0,00	0,00	0,00
Matraca para plantio	7	19,31	0,00	0,00	0,00
Filme de polietileno	2	550,00	550,00	550,00	550,00
Manta	3	500,00	500,00	500,00	500,00
Limpeza da área	2	0,00	398,38	0,00	398,38
Suporte da manta	5	450,00	450,00	450,00	450,00
Sistema de irrigação	7	857,14	857,14	857,14	857,14
TOTAL		3.113,96	2.755,52	2.357,14	2.755,52

Receitas brutas e custos de produção

As receitas brutas dos sistemas de cultivo, em um hectare, são os resultados das multiplicações dos preços de venda dos produtos pelas suas respectivas quantidades produzidas. No triênio 2001-2013, com exceção do sistema de cultivo 17, com uma receita bruta de R\$ 19.878,60, os demais sistemas apresentam receitas brutas superiores, as quais variaram de R\$ 32.904,08 a R\$ 35.959,08. É importante salientar que as produtividades do melão nos sistemas 24 e 16 são superiores à obtida pelo sistema 17 (convencional). Entretanto, a grande diferença entre as receitas brutas desses sistemas decorre do cultivo do milho-verde.

O custo de produção (Tabela 11) considera o custo operacional, o custo indireto e o custo com a depreciação. O custo operacional expressa os gastos com serviços e insumos envolvidos diretamente no processo produtivo. No custo indireto, são considerados os gastos com aluguel de terra, impostos e taxas. Já a depreciação representa o desgaste dos investimentos fixos requeridos pelos sistemas de cultivo.

Não há diferenças significativas nos custos de produção dos sistemas de cultivo em estudo. Entretanto, nas suas composições, o custo operacional é o mais representativo, com uma participação que variou entre 75,52% e 79,08%. Em seguida, vem a depreciação, com participação de 13,02% a 16,99%. Por último, a participação dos custos indiretos variou de 7,55% a 7,91%.



Tabela 10. Receitas brutas por hectare no triênio 2011 – 2013, dos sistemas de cultivo mais rentáveis e do convencional.

Discriminação	Unid.	Valor (R\$/Unid.)	Sistemas de cultivo					
			Sistema 12		Sistema 16		Sistema 24	
			Unid.	Valor	Unid.	Valor	Unid.	Valor
Milho-verde	unid.	0,35	42.222,22	14.777,78	35.000,00	12.250,00	37.500,00	13.125,00
Melão	ton.	1.314,67	13,79	18.126,30	16,37	21.514,65	17,37	22.834,08
Total				32.904,08		33.764,65		35.959,08
								19.878,60
								-

**Tabela 11.** Custo de produção no triênio 2011 - 2013, dos sistemas de cultivo mais rentáveis e do convencional.

Discriminação	Unid.	Valor (R\$/Unid.)	Sistema de cultivo					
			Sistema 12		Sistema 16		Sistema 24	
			(Unid.)	(R\$)	(Unid.)	(R\$)	(Unid.)	(R\$)
Serviços			-	3.767,67	-	4.191,36	-	4.191,36
Aração	hm	59,81	0,00	0,00	3,20	191,38	3,20	191,38
Gradagem	hm	54,55	0,00	0,00	1,40	76,37	1,40	76,37
Plantio de sementes de culturas	hd	34,69	34,72	1.204,40	34,72	1.204,40	34,72	1.204,40
Plantio da muda	hd	34,69	3,00	104,06	3,00	104,06	3,00	104,06
Replanteio	hd	34,69	1,00	34,69	1,00	34,69	1,00	34,69
Sulcamento/preparação camalhões	hm	52,01	0,00	0,00	6,00	312,04	6,00	312,04
Irrigação	hd	230,33	1,00	230,33	1,00	230,33	1,00	230,33
Capinas	hd	34,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pulverização	hm	44,32	3,00	132,97	3,00	132,97	3,00	132,97
Pulverização c/ costal	hd	34,69	5,00	173,43	5,00	173,43	5,00	173,43
Colocação do filme de polietileno	hm	72,24	4,50	325,17	4,50	325,17	4,50	325,17
Irrigação (bombeiro)	hd	34,69	3,13	108,57	3,13	108,57	3,13	108,57
Colocação da manta (manual)	hd	34,69	8,87	307,79	4,37	151,69	4,37	151,69
Raleio dos frutos e viragem	hd	34,69	3,00	104,06	3,00	104,06	3,00	104,06
Colheita do milho	hd	34,69	6,80	235,86	6,80	235,86	6,80	235,86
Colheita do melão/transporte interno	hm	42,00	4,00	168,00	4,00	168,00	4,00	168,00
Transporte de pessoal	hm	42,00	2,00	84,00	2,00	84,00	2,00	84,00
Transporte de material	hm	42,54	2,00	85,07	2,00	85,07	2,00	85,07
Técnico agrícola	ha	136,60	1,00	136,60	1,00	136,60	1,00	136,60
Engenheiro agrônomo	ha	332,67	1,00	332,67	1,00	332,67	1,00	332,67

(Continua)



Os sistemas de cultivo mais rentáveis, 24 e 16, foram os que apresentaram maiores custos de produção. No entanto, em relação ao sistema convencional, esses sistemas apresentam acréscimos de apenas 6,48% e 8,83%, respectivamente.

Considerações finais

Tendo por base as análises oriundas do experimento conduzido com o melão em sistemas convencional e conservacionistas de produção, pode-se afirmar que há retorno sobre o investimento quando o sistema conservacionista que utiliza adubação verde é empregado. Entretanto, é necessário que haja uma mudança tecnológica, mediante a substituição do sistema de cultivo convencional de melão pelos sistemas com adubação verde, com incorporação das seguintes coberturas vegetais: vegetação espontânea + milho + braquiária + filme de polietileno ou milho + braquiária.

Com essa mudança, espera-se aumento de 100% na rentabilidade do melão. Outra constatação relevante, é que essa mudança tecnológica exige, no máximo, 6% de investimentos adicionais.

Vale salientar que, dentre os sistemas que compõem o grupo focal deste estudo (sistemas 24, 16, 12 e 17), o convencional foi aquele que apresentou a segunda maior expectativa de risco e rentabilidade esperada mais baixa, além de acumular prejuízo no cenário adverso, o que corrobora com a migração proposta para os sistemas 24 (AVCI: solo sem retirar a cobertura + milho + braquiária + filme de polietileno) ou 16 (AVCI: adubação verde: milho + braquiária).

Referências

ASSAF NETO, A. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2008.

BARROS, G. S. C. **Agronegócio brasileiro: perspectivas, desafios e uma agenda para seu desenvolvimento**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. 52 p.

BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. DE A. D. DE; ASSIS, J. S. DE; MESQUITA, A. L. M.; AZEVEDO, F. R. de. A produção integrada de melão no Brasil. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. DE A. D. DE; TERAQ, D. (Org.). **Produção Integrada de Melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Banco do Nordeste do Brasil, 2008, p.29-42.

DEEGAN, C.; RANKIN, M. The materiality of environmental information to users of annual reports. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, v. 10, n. 4, p. 562-583, 1997.



GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Pearson, 2010.

LIMA, J. R.; MODESTO, A. L. G.; FIRMINO, D. S.; PINTO, G. A. S.; LIMA, L. V. de; OLIVEIRA, L. M. V. de; WURLITZER, N. J.; PAULA PESSOA, P. F. A. **Hambúrguer vegetal de fibra de caju e proteína texturizada de soja**: obtenção e avaliação de viabilidade econômica da produção. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 11 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 208). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98648/1/COT13008.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

MAGNESS, V. Strategic posture, financial performance and environmental disclosure: an empirical test of legitimacy theory. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, v. 19, n. 4, p. 540-563, 2006.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários**: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica. Piracicaba: FEALQ, 1987.

SEBRAE/PR. **Como calcular a rentabilidade da sua empresa**. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/pme/como-calcular-a-rentabilidade-da-sua-empresa/>>. Acesso em: 27 maio 2014.

WERNKE, R. **Gestão financeira**: ênfase em aplicações e casos nacionais. Rio de Janeiro: Saraiva, 2008.



Agroindústria Tropical

O aquecimento global e a escassez hídrica podem afetar a cultura do melão, que é de grande relevância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil.

Este livro aborda os impactos das mudanças climáticas na cultura dessa olerícola, apresenta sistemas de cultivo convencionais e conservacionistas e discute sobre as pegadas de carbono e hídrica desses sistemas. Busca-se difundir conhecimento, processos e tecnologias, estimulando a adoção de práticas de produção sustentáveis e subsidiando políticas públicas voltadas para agricultura de baixa emissão de carbono.

São apresentados resultados de pesquisas conduzidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Universidade Federal Rural do Semiárido (Ufersa), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S.A. (EMPARN) e Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), com financiamentos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Embrapa.

PATROCÍNIO:



APOIO:



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13730